

## Seleção de duas cargas preditivas para determinação da velocidade crítica em atletas de handebol

### *Selection of two loads predict for determination of the critical velocity in athletes of handball*

Carlos Alberto Martins de Jesus \*  
Domingos Belasco Júnior \*\*

#### Resumo

**Introdução** – A velocidade crítica (VC) é um útil parâmetro utilizado na prescrição do desempenho em atividades de longa duração, esta por sua vez se baseia no fato que os atletas podem manter uma velocidade específica sem fadiga. O objetivo do estudo foi definir se a VC pode ser determinada em duas sessões de testes com jogadores de handebol. **Métodos** – Participaram deste estudo 15 jogadores de handebol da Universidade Metodista, do sexo masculino, categoria juvenil. Primeiramente os atletas foram submetidos a um teste escalonado progressivo para se determinar a carga máxima, depois os atletas eram submetidos a quatro cargas constantes a uma inclinação de 10% até a exaustão, sendo estes testes realizados em dias diferentes. **Resultados** – Através destas cargas realizadas foi determinado a VC além da combinação de todos pares possíveis entre as velocidades pré-determinadas e comparados com VC determinada anteriormente. Neste estudo foi observado uma alta correlação ( $r = 0,76$ ) entre o ajuste linear da primeira com a terceira carga quando comparadas com outras combinações entre as cargas preditivas. **Conclusão** – A VC é um bom índice para prescrever a carga de treinamento aeróbio de alta intensidade além de ser um preditor não invasivo e de baixo custo.

Palavras-chave: Exercício, fisiologia – Teste de esforço – Handebol – Esportes – Resistência física

#### Abstract

**Introduction** – The critical velocity (CV) is an useful parameter used in the prescription of the acting in activities of long duration, this time bases on the fact that the athletes can maintain a specified velocity without fatigue. The objective of the study was defining CV can be certain in two sessions of tests with handball players. **Methods** – The subjects participated in this study 15 players of handball of the Universidade Metodista, male, juvenile category. Firstly the athletes were submitted the test assigned progressive to determine the maximum load, later the athletes were submitted to four constant loads an inclination of 10% until the exhaust being these test accomplished in different days. **Results** – Through these accomplished loads it was certain CV besides the combination of all stop possible among the certain speeds and compared with CV determined previously. In this study a high correlation was observed ( $r = 0,76$ ) among the linear adjustment of the first with the third load when compared with other combinations predetermined. **Conclusion** – CV is a good index to prescribe the load of aerobic training of high intensity besides being a low cost and a noninvasive evaluate method.

Key words: Exercise, physiology – Exercise test – Handball – Sports – Physical endurance

#### Introdução

O handebol é um esporte que tem um tempo de jogo normalmente fixado em 60 minutos, divididos em 2 tempos de 30 minutos com intervalo de 10 minutos entre os tempos, a alternância de ações de alta intensidade (sprinting, mudanças de sentido rápidas e saltos) com ações de baixa intensidade, que envolvem vias aeróbias e anaeróbias como evidenciam-se (Lupo e Seriacopi<sup>11</sup>, 1996). O tempo gasto durante um jogo de handebol na zona aeróbia foi de 70-85% e na zona anaeróbia e acima desta foi de 15-30% (Cardinale<sup>3</sup>, 2000).

O handebol, apesar de tratar-se de uma modalidade

cujos aspectos técnico-tático, a morfologia e as habilidades individuais são fundamentais, tem-se notado nos últimos anos uma preocupação especial com o aprimoramento do condicionamento físico do atleta, apoiada em conceitos científicos bem fundamentados, pois o mesmo é imprescindível para o alto rendimento. As variáveis que determinam o desempenho no esporte são dependentes da produção de energia através dos sistemas aeróbio, anaeróbio, neuromuscular e psicológico (Souza *et al.*<sup>16</sup>, 2000). Para que o atleta aprimore seu desempenho de *endurance*, deverá trabalhar músculos ou sistemas orgânicos específicos com uma maior resistência (Foss e Keteyian<sup>7</sup>, 2000).

\* Especialista em Disfunções Musculoesqueléticas pela Universidade Metodista de São Paulo.

\*\* Professor do Curso de Fisioterapia da Universidade Metodista de São Paulo. E-mail: dumas@ecb.epm.br

O exercício físico impõe adaptações fisiológicas ao sistema cardiovascular e que, em função de uma crescente demanda de oxigênio ocorrem ajustes cardiovasculares, como o aumento do débito cardíaco e da diferença arteriovenosa de oxigênio, a caracterização de índices que consigam mensurar a *endurance*, como o limiar anaeróbio (LA), o consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$  máx) além da velocidade crítica (VC) (Barros Neto<sup>1</sup>, 2000).

A VC é definida pela relação entre a velocidade – duração, a qual é descrita por uma velocidade, que o indivíduo é capaz de permanecer por um longo período sem exaustão (Hill e Ferguson<sup>9</sup>, 1999; McDowell *et al.*<sup>12</sup>, 1988; Poole<sup>14</sup>, 1986). Poole *et al.*<sup>15</sup>, 1988 descreveram que a VC é uma intensidade acima do  $VO_2$  que aumenta gradativamente até chegar ao  $VO_{2max}$ .

Para a determinação da VC existem três modelos; I – modelo hiperbólico da relação velocidade / tempo onde  $t_{lim} = CTAN / V - VC$ ; II – modelo linear velocidade – 1/tempo onde  $V = (CTAN - t_{lim}) + VC$ ; III – modelo trabalho – tempo onde o trabalho =  $(VC \times t_{lim}) + CTAN$ , como se vê nas Figuras 1 e 2 respectivamente, sendo que o terceiro modelo do trabalho – tempo apresenta a mesma função linear do segundo modelo (Denadai<sup>6</sup>, 2000; Cligeleffer *et al.*<sup>4</sup>, 1994). O  $t_{lim}$  refere-se à duração de tempo máxima que o atleta pode se manter realizando trabalho, (V) refere-se às diferentes velocidades realizadas durante este tempo ( $t_{lim}$ ), enquanto que a capacidade de trabalho anaeróbio (CTAN) refere-se à capacidade de trabalho associados com as fontes de suprimento energético muscular.

O objetivo do estudo foi definir se a VC pode ser determinada em duas sessões de testes com jogadores de handebol da categoria juvenil.

## Métodos

### Casística

Participaram deste estudo 15 jogadores de handebol da Universidade Metodista, do sexo masculino, categoria juvenil com média de idade de  $17,2 (\pm 0,4)$ .

### Métodos de avaliação

Uma anamnese completa foi feita, seguida de exame físico geral e segmentar, realizados pelo mesmo avaliador. Cada indivíduo, inicialmente, fez um teste escalonado progressivo até o limite de tolerância, para se determinar a carga máxima. A taxa de incremento entre as cargas foi de 1 Km/h. Esta carga foi ajustada de modo que a duração do teste fosse maior que 4 min e menor que 10 min.

Em dias separados, cada atleta foi submetido a uma série de quatro testes de cargas constantes diferentes até o limite de tolerância, cujos atletas iniciaram um aquecimento prévio de 2 min a 5 Km/h na esteira ergométrica Cybex 700T (Michigan, USA), subseqüentemente era aumentada a inclinação a 10% e a velocidade predefinida a cada atleta, naquele momento eram monitorados a frequência cardíaca (FC) com frequencímetro BLITZ Plus (Michigan, USA) e anotado o tempo através do cronômetro CASIO digital DCS – 368 (Tokyo, Japan).

As cargas eram aplicadas randomizadamente para induzir uma exaustão entre 1 e 20 min (Hill<sup>8</sup>, 1993). Essas eram individualmente escolhidas e plotadas no gráfico da Figura 1/ tempo por velocidade. Relativo aos valores de pico obtido no teste incremental máximo (percentual de carga máxima), essas velocidades correspondiam a 110%, 100%, 95%, 90%. O tempo de fadiga foi determinado pelo intervalo entre a imposição da carga e o ponto pelo qual o sujeito não conseguiu manter o ritmo de ciclagem exigido (queda maior que 10%).

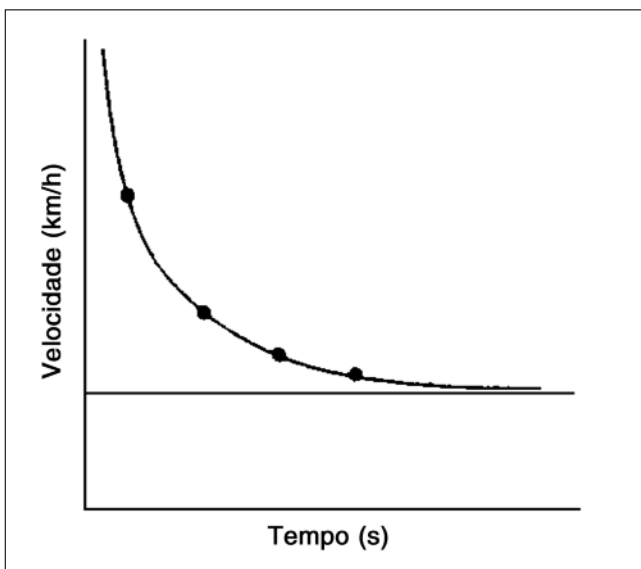


Figura 1. Modelo hiperbólico da relação velocidade/tempo; representação gráfica

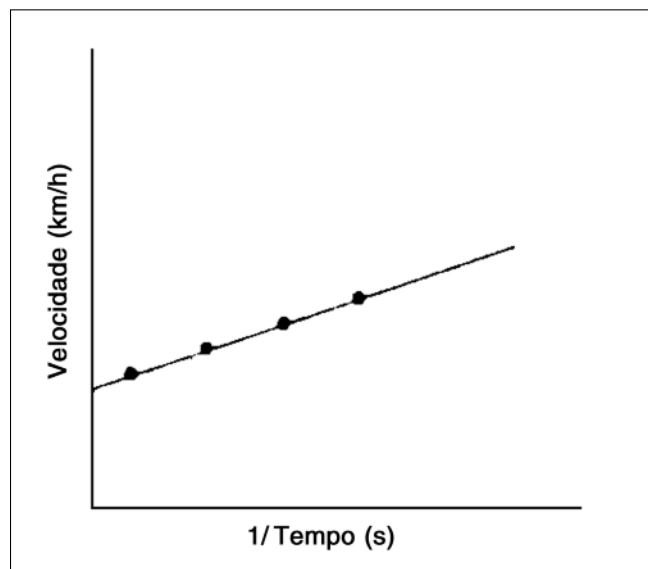


Figura 2. Modelo linear velocidade – 1/tempo; representação gráfica

### Método estatístico

Os resultados foram individualmente escolhidos e plotados no gráfico da Figura 1/ tempo pela velocidade. A VC foi obtida através da intercepção das quatro velocidades pelos respectivos 1/tempo, subseqüentemente foi calculada a VC pela combinação de todos pares possíveis entre as velocidades predeterminadas e correlacionadas com VC determinada anteriormente.

Foi utilizada a estatística descritiva para determinar a média e desvio padrão e para detectar as diferenças significativas, utilizou-se o teste t de *Student* para amostras pareadas. Para todos os testes assumiu-se  $p < 0,05$ .

### Resultados

Os valores da média e desvio padrão do nível de correlação de Person ( $r$ ) entre as velocidades realizadas e os tempos de fadiga foram ( $r = 0,97 \pm 0,01$ ).

**Tabela 1. Valores individuais da VC, média, desvio padrão (DP) e nível de correlação de Person ( $r$ ) entre a VC obtidas através de duas das quatro cargas preditivas**

Atletas	01/04*	01/03	01/02	02/03*	02/04*	03/04*	VC
1	9,35	10,05	11,63	7,43	8	8,32	9,68
2	9,77	10,77	12,25	8,19	7,95	7,77	10,35
3	10,29	9,32	11,2	3,8	10,15	10,5	10,22
4	10,69	11,36	12,62	9,5	9,79	9,92	11,1
5	9,56	9,64	11,76	3,27	8,31	9,49	9,75
6	11,14	11,63	12,57	9,06	10,71	10,92	11,32
7	10,73	9,33	10,88	7,13	10,71	11,15	10,58
8	9,97	10,05	11,12	8,93	9,62	9,6	10,00
9	8,65	9,34	7,34	10,03	8,88	7,6	9,35
10	9,53	7,56	7,76	7,41	9,8	10,39	9,39
11	9,26	9,84	10,61	9,21	8,83	8,59	9,47
12	9,67	9,73	9,93	9,61	9,63	9,64	9,69
13	10,83	11,67	12,89	9,83	9,72	9,66	11,39
14	9,74	9,17	7,56	9,74	9,92	9,98	9,67
15	8,15	9,27	7,92	9,82	8,21	5,64	8,57
Média	9,82	9,92	10,54	8,2	9,35	9,28	10,03
Desvio padrão	0,82	1,09	1,97	2,12	0,93	1,46	0,8
R	0,94	0,76	0,78	0,01	0,54	0,62	

\* $p < 0,05$  – diferença entre a VC obtida com duas das quatro cargas preditivas

A diferença dos tempos individuais entre o ajuste linear da primeira e a terceira carga variou de 39 – 180 s ( $84,13 \pm 34,57$ ).

### Discussão

Estudos anteriores investigaram o número necessário de cargas para determinar a VC ou Potência Crítica (PC)

(Bulbulian *et al.*<sup>2</sup>, 1986; De Vries *et al.*<sup>5</sup>, 1987; Moritani *et al.*<sup>13</sup>, 1981). A razão de realizar mais de duas cargas para determinar a PC ou VC é assegurar a existência da hiperbólica retangular entre  $t_{lim}$  e a velocidade limite.

A alta relação linear entre a V e o inverso do  $t_{lim}$  foi observada nos atletas ( $r = 0,97 \pm 0,01$ ) o que sugere a relação hiperbólica entre o V e o  $t_{lim}$ .

Como já foi mencionado, existem três modelos que podem ser utilizados para a determinação da VC. Para a utilização do modelo hiperbólico da relação velocidade – tempo, o mínimo de cargas preditivas possíveis para caracterizar uma função hiperbólica, é de 3 pontos. Se for utilizado o modelo linear velocidade – 1/tempo pode-se diminuir o número de cargas para duas, isto porque esse modelo se caracteriza por uma função linear, na qual se pode utilizar apenas 2 pontos para determinar uma reta, com isso diminuindo as idas ao laboratório além de minimizar o desconforto e a sobrecarga impostas pelo teste.

Houve diferenças significativas entre 1/4, 2/3, 2/4, 3/4, não havendo entre 1/3, 1/2. Não houve variação maior do que 1km/h em 1/4, 1/3, 1/2, 2/4, 3/4, havendo diferença maior somente em 2/3.

Como a prescrição da velocidade é em décimos de km/h, podendo se utilizar um critério de km em unidade absoluta (1 em 1 km/h). Ai apenas o 2/3 fugiria da faixa de mais ou menos 1 km/h do valor da VC obtida por quatro cargas.

A diferença do maior e menor valor entre a VC por duas cargas e VC por quatro cargas é de 1,83 variando de 8,2 a 10,54, com tendência de subestimar o valor (o que é bom, pois se o valor obtido for maior que a VC o atleta não poderá sustentar o exercício por muito tempo). Exceto o 1/2 todos os outros valores subestimaram a VC por quatro cargas.

Baseado nisso a melhor relação de cargas preditivas é 1/3, pois além de estar com o valor mais próximo 0,09 km/h a uma subestimação do valor.

Poole<sup>14</sup> (1986) sugeriu que a duração entre as cargas pode variar de 120s a 600s. Housh *et al.*<sup>10</sup> (1991) verificaram que as diferenças de tempo quando ficavam próximas ou entre 180 – 300 s, os índices de correlação apresentavam-se relativamente altos ( $r > 0,98$ ). O que não veio a ser confirmado neste estudo, na qual, a melhor combinação realizada, foi entre o ajuste linear da primeira e a terceira carga, apresentando um índice de correlação ( $r = 0,76$ ) cuja diferença de tempo entre as cargas preditivas variou entre 39 – 180s ( $84,13 \pm 34,57$ ), não estando próximos dos valores citados por Housh *et al.*<sup>10</sup> (1991) e Poole<sup>14</sup> (1986).

### Conclusão

Foi constatada que a VC pode ser determinada por apenas duas cargas preditivas e que pode diminuir o número de sessões necessárias para a determinação da VC em atletas de handebol.

## Referências

1. Barros Neto TL. Aplicações práticas da ergoespirometria no atleta. *Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo* 2000; 6: 6-10.
2. Bulbulian R, Wilcox AR, Darabos BI. Anaerobic contribution to distance running performance of trained cross-country athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1986; 18 (1): 107-13.
3. Cardinale M. *Handball performance: physiological considerations & practical approach for training metabolic aspects*. 2000, disponível em URL: <http://www.education.ed.ac.uk/handball/papers/mc.html>.
4. Cligeleffer A, McNaughton LR, Davoren B. Critical power may be determined from two tests in elite kayakers. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1994; 68(1): 36-40.
5. De Vries HA, Tichy MW, Housh TJ, Smyth KD, Tichy AM, Housh DJ. A method for estimating physical working capacity at the fatigue threshold (PWCFT). *Ergonomics* 1987; 30 (8): 1195-204.
6. Denadai BS. *Potência crítica*. São Paulo: Motrix; 2000. p. 91-106.
7. Foss ML, Keteyian SJ. *Bases fisiológicas de exercício e do esporte*. 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000.
8. Hill DW. The critical power concept. A review. *Sports Med* 1993; 16 (4): 237-54.
9. Hill DW Ferguson CS. A physiological description of critical velocity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1999; 79 (3): 290-3.
10. Housh TJ, Johnson GO, McDowell SL, Housh DJ, Pepper M. Physiological responses at the fatigue threshold. *Int J Sports Med* 1991; 12 (3): 305-8.
11. Lupo S, Seriacopi D. Analisi dell'allenamento e della gara. *Handball studi* 1996; 1 (1): 21-35.
12. McDowell SL, Kenney KB, Hughes RA, Housh TJ, Johnson GO. *The relationship between ventilatory threshold and critical velocity*. Abstracts of presentations at the National AAPHERD convention, Kansas City: AAPHERD Publications, 1988.
13. Moritani T, Nagata A, De Vries HA, Muro M. Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. *Ergonomics* 1981; 24 (5): 339-50.
14. Poole DC. Measurements of the anaerobic work capacity in a group of highly trained numbers [letter]. *Med Sci Sports Exerc* 1986; 18 (6): 703-5.
15. Poole DC, Ward SA, Gardner GW, Whipp BJ. Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. *Ergonomics* 1988; 31 (9): 1265-79.
16. Souza J, Ribeiro MA, Ramirez GA, Brevilhéri JC. Evolução da potência aeróbia máxima em atletas de handebol adulto durante o período de preparação. *Rev Treinam Desport* 2000; 5 (2): 29-34.

Recebido em 09/5/2005

Aceito em 11/7/2005