

## Avaliação Cardiorrespiratória de Atletas para Competições em Grandes Altitudes

Ricardo Vivacqua C. Costa  
Rio de Janeiro, RJ

Nos locais acima de 2.000m de altitude são observadas modificações orgânicas no indivíduo que vive ao nível do mar, devidas à redução da pressão parcial de  $O_2$  no ar respirado com repercussões clínicas, que podem comprometer o desempenho de atletas<sup>1</sup>. Estes efeitos, já observados e descritos há mais de um século, tiveram seus estudos mais acurados a partir de 1968, com vistas às Olimpíadas realizadas na cidade do México, com altitude de 2.240m e, em 1970, com a Copa do Mundo de Futebol nessa mesma cidade.

Os problemas de adaptação à altitude decorrem da queda da pressão parcial de oxigênio do sangue arterial (hipóxia arterial), desencadeando ajustes fisiológicos do organismo reconhecidos como o estresse da altitude<sup>2</sup>.

A resposta mais importante e imediata causada pela queda da pressão de oxigênio ( $PaO_2$ ) arterial consiste na hiperventilação, que pode permanecer nas primeiras semanas. Os receptores sensitivos à redução da  $PaO_2$  estão localizados no arco aórtico e nos seios carotídeos. Qualquer redução significativa desta, como ocorre em altitudes acima de 2.000m, provoca estímulo progressivo destes químio-receptores<sup>3</sup>.

A hiperventilação leva ao aumento da concentração de  $O_2$  e elimina maior quantidade de gás carbônico ( $CO_2$ ), com conseqüente hipocapnia, também observada no líquido cefalorraquidiano, no qual ocorrem mudanças importantes do conteúdo de bicarbonato para manter o pH<sup>4</sup>. Nos primeiros estágios da adaptação à altitude, o débito cardíaco (DC) eleva-se à custa do aumento da frequência cardíaca (FC), enquanto o volume sistólico (VS) permanece inalterado<sup>5</sup>. Como o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) para um determinado trabalho na altitude é o mesmo que ao nível do mar, o aumento destas variáveis hemodinâmicas compensa a redução do conteúdo de oxigênio no sangue arterial ( $CaO_2$ )<sup>6</sup>.

Com este ajuste circulatório, o  $VO_2$  em trabalhos submáximos, em grandes altitudes (a partir de 2.200m), é igual ao observado no mesmo tipo de trabalho ao nível do mar. Durante exercícios máximos, como, por exemplo, competições, os ajustes ventilatórios e circulatórios à altitude não conseguem compensar a redução de  $O_2$  no sangue arterial, provocando acentuada queda no desempenho nos primeiros dias de aclimatação.

Depois de uma semana a 2.300m de altitude, o vol-

ume plasmático reduz-se em 8%, o hematócrito eleva-se em 4% e a hemoglobina, em 10%. No mesmo período a 4.300m, observam-se queda do volume plasmático de 16 a 25% e elevação do hematócrito e da hemoglobina de 6%. Aumento das hemácias (policitemia), desencadeada pelo fator estimulador de eritrócitos, a hemopoitina, secretada pelos rins e outros tecidos, ocorre cerca de 15h após a chegada às altitudes elevadas<sup>7</sup>. Nas semanas seguintes a produção de eritrócitos na medula dos ossos longos aumenta consideravelmente e mantém-se elevada durante a permanência nas grandes altitudes. Muitos autores consideram o hematócrito entre 50 e 52% ideal para atividade física em altitudes significativas. Acima deste nível existe risco de elevação da viscosidade sanguínea com repercussão no sistema circulatório<sup>8</sup>.

As alterações hematológicas da aclimatação à altitude regredem, em média, duas semanas após o retorno ao nível do mar<sup>9</sup>. O mal das montanhas causado pela hipóxia da altitude pode levar a cefaléia, náuseas, tonteira, irritabilidade e até complicações, como edema cerebral e/ou edema pulmonar.

Autores têm considerado como desencadeantes do edema cerebral hipóxico a vasodilatação com elevação da capilaridade e da pressão hidrostática, resultando em compressão das estruturas intracranianas. Admite-se que estas alterações aumentem a atividade simpática periférica, atuando neurogenicamente nos pulmões com repercussão na capilaridade, causando o edema pulmonar e, também, retenção de sal e água pelos rins<sup>5</sup>. Esta resposta adrenérgica desencadeia elevação de aldosterona, vasopressina e peptídeo natriurético atrial<sup>5</sup>.

Nossa experiência com futebolistas, em 1981, que se aclimataram para competir em La Paz a 3.600m, mostrou que as principais complicações decorrentes da altitude, como cefaléia, náuseas, vômitos e redução da tolerância aos esforços eram observadas com mais frequência no 39 e 79 dia de permanência, repetindo-se quando se deslocavam para regiões mais elevadas, num programa de aclimatação gradativo<sup>10</sup>.

Quando acompanhamos um grupo de futebolistas que se preparava para as eliminatórias da Copa do Mundo de 1986, em um jogo amistoso em Bogotá, a 2.600m de altitude, tivemos o cuidado de não realizar a competição no 39 dia de permanência e, sim, no 2º dia. Os atletas encontravam-se teem treinados ao nível do mar, com FC basal média de 44bpm e  $VO_2$ max médio de 55ml/kg.min<sup>-1</sup> no teste de campo<sup>17</sup>. Doze horas após a chegada àquela altitude, houve duplicação da FC basal (média de 90bpm), refletindo as modificações metabólicas e

hemodinâmicas observadas nos primeiros dias de chegada aos locais de altitude elevada, exigindo um treinamento individualizado e com cargas de trabalho inferiores às aplicadas ao nível do mar.

Com relação à elevação da taxa de hemoglobina, em um grupo de 8 jogadores que não haviam ingerido sulfato ferroso, os valores médio de 14,77g% elevaram-se para 15,57g%, com diferenças significativas ( $p < 0,01$ ). Durante o processo de aclimação à altitude considera-se útil ministrar um suplemento de sulfato ferroso, principalmente às mulheres, com vistas ao melhor transporte de oxigênio ( $DO_2$ ) do sangue arterial para os tecidos. O desempenho ao nível do mar, após aclimação à altitude, é melhorado pela adaptação circulatória e ventilatória, com aumento da capacidade de  $DO_2$  pelo sangue. Autores estudaram corredores submetidos à aclimação a 2.300m a 4.000m e não observaram melhora significativa do desempenho após retorno da altitude<sup>9</sup>.

Observamos melhora significativa (média de 20%) do  $VO_2$  em futebolistas após 38 dias de aclimação e competição em altitude elevada, avaliando em teste de campo, 16 dias após o regresso ao nível do mar<sup>11,12</sup>.

### Treinamento em altitude

O treinamento em altitude não pode ser executado com a mesma intensidade do ao nível do mar. Kollias e col estudaram atletas universitários, concluindo que a intensidade de treinamento a 2.300m seria de 60% do  $VO_2$  max em relação ao nível do mar, assim como a 3.100m, 56% e a 4.000m, 39% do  $VO_2$  max ao nível do mar<sup>11</sup>.

A redução da intensidade de treinamento de atletas na altitude, principalmente na 1ª semana, pode reduzir a força muscular, podendo-se estabelecer um tipo de atividade com vistas à manutenção do tônus muscular.

Na preparação da Seleção Brasileira de Futebol para disputar a Copa do Mundo no México, em 1986, havia uma grande preocupação em relação ao preparo físico dos jogadores, já que a competição final seria na cidade do México a 2.240m de altitude e as partidas classificatórias poderiam ser realizadas em cidades com altitudes semelhantes, once a redução da pressão parcial de oxigênio decorrente da diminuição da pressão atmosférica poderia provocar queda no desempenho dos atletas<sup>13</sup>. Foi programado o período de aclimação de 9 dias em Toluca a 2.600m e 7 dias na cidade do México a 2.240m. Um mês antes do início da aclimação fizemos testes ergométricos em normóxia, ou seja, 21% de  $O_2$  equivalente ao nível do mar e, em hipóxia, equivalente a 16% de  $O_2$ , com avaliação direta do  $VO_2$ <sup>13</sup> visando: 1) maior precisão na avaliação da condição física cardiorrespiratória, assim como o limiar anaeróbio; 2) possibilidade de prescrição de exercício para um treinamento mais individualizado e 3) avaliação do limiar de sensibilidade à hipóxia<sup>14</sup>, permitindo-nos estabelecer a velocidade de treinamento e a FC útil em função do li-

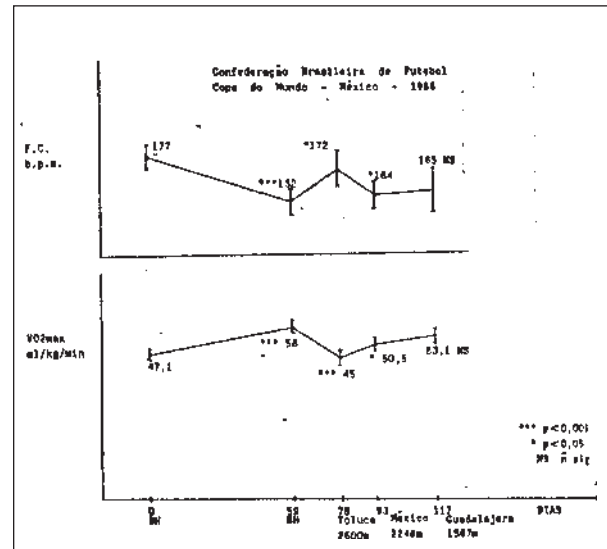


Fig. 1- Evolução do programa de treinamento físico com demonstrativo das médias de FC e  $VO_2$  max em testes de campo. Observa-se que existe uma relação inversa entre FC e o  $VO_2$  max. Nos primeiros 59 dias de treinamento sem altitude significativa, houve uma elevação importante do desempenho dos atletas e na chegada à altitude de 2.600m, a redução esperada. O treinamento em altitude permitiu elevação ajuda significativa da aptidão cardiorrespiratória. Os valores obtidos 15 dias após a chegada a Guadalajara, apesar de não-significantes, mostraram preservação da condição física adquirida na altitude mais elevada.

miar anaeróbio, aplicados no treinamento de atletas de elite<sup>15,16</sup>.

Foi estudado o limiar de sensibilidade à hipóxia, obtido através da relação  $FC/VO_2$  nos testes em hipóxia e em normóxia, expresso em porcentagem. Quanto maior o limiar de sensibilidade à hipóxia, maior o risco de complicações no treinamento em altitude.

Verificamos que não havia influência do nível de aptidão cardiorrespiratória sobre as respostas ventilatórias e de FC em hipóxia<sup>13</sup>. Fizemos um estudo comparativo entre os atletas com limiar de sensibilidade à hipóxia (LSH) acima de 20%, elevado, e os que apresentavam LSH abaixo de 20%, considerados aceitáveis, relacionando a diferença de FC em repouso, ao despertar, no dia seguinte à chegada a 2.600m, com os valores obtidos ao nível do mar nas mesmas condições. Também avaliamos a FC logo após o esforço máximo em teste de campo no 4º dia de permanência à altitude, com os valores da FC no mesmo teste ao nível do mar. Concluímos que a diferença de FC obtida em repouso, ao despertar, apresentou valores mais elevados nos indivíduos com LSH acima de 20%, portanto, os que poderiam apresentar maiores complicações na altitude, merecendo um treinamento individualizado e controle clínico rigoroso. Desta forma podemos considerar que a FC de um atleta tomada no dia seguinte à sua chegada, pela manhã ao despertar, se estiver elevada em relação aos valores obtidos ao nível do mar, em média 90% acima, poderá prevenir maior dificuldade na aclimação à altitude. Iniciamos o período de aclimação deste grupo em Toluca a 2.600m de altitude.

O período de aclimação durou 16 dias conseguimos uma elevação média de  $VO_2$  max nos testes de campo de 12%, aplicando-se a fórmula do *American College of Sports Medicine*<sup>17</sup>. Após este período fomos para Guadalajara, de altitude mais reduzida (1.567m), onde iniciou-se o período de competição. Após 3 semanas nesse local, realizamos novos testes nos atletas, com a mesma metodologia, demonstrando melhora do desempenho não significativa, porém mantendo os benefícios adquiridos no período inicial em local de maior altitude (fig.1). Estes dados nos permitem concluir que o período de aclimação de 16 dias para competições a uma altitude de 2.200m foi suficiente para se obter bom desempenho físico dos atletas.

Consideramos que a aclimação escalonada à altitude consiste na melhor maneira de se preparar um grupo de atletas com a finalidade de competir em altitudes superiores a 2.600m. Nossa experiência mais recente foi com o grupo de futebolistas que disputaram o torneio Pré-Olímpico, em 1987, com competições prévias importantes em La Paz a 3.600m de altitude.

Para adequada avaliação clínico-cardiológica dos atletas foram realizados os seguintes exames: 1) exame físico; 2) exames laboratoriais: sangue - hemograma, hemossedimentação, eletroforese de hemoglobinas, com pesquisa de hemoglobina "S", incompatível com atividade física na altitude; 2) provas de função hepática, glicose, uréia, creatinina, ácido úrico, grupo sanguíneo e fator RH; fezes: parasitológico; urina: elementos anormais e sedimentos; 3) eletrocardiograma de repouso e com esforço máximo; 4) ecocardiograma uni e bidimensional com Doppler; 5) radiografia de tórax, os exames laboratoriais apresentaram-se dentro dos padrões normais e os demais, padrões compatíveis com atividade atlética (coração de atleta).

Foram realizados em seguida os seguintes exames: otorrinolaringológicos, com vistas às freqüentes viagens aéreas nas quais a mudança pressórica no interior das aeronaves poderia repercutir desfavoravelmente no sistema auditivo; dermatológicos para prevenção de eventuais parasitoses e/ou infecções de pele; odontológicos com radiografia da arcada dentária para pesquisa de focos dentários. Testes para avaliação da condição física, visando à determinação das seguintes variáveis: resistência aeróbia, potência anaeróbia alática, coordenação, agilidade, porcentagem de gordura corporal e peso ideal<sup>13</sup>. Destes testes o mais importante para aclimação à altitude foi de resistência aeróbia, determinada através do limiar anaeróbio, correspondendo a determinada velocidade de corrida em km/h e respectiva FC. Esta avaliação foi feita através de testes ergométricos máximos, em esteira rolante, sem inclinação, com velocidade inicial de 7km/h durante 5min no 1º estágio e, a partir do 2º, aumento de 1km por estágio de 3min. Ao final de cada estágio, era registrado o volume expiratório obtido por um sistema de máscara oronasal acoplada por traquéias a um

medidor de volume de gases (pneumotacógrafo). A FC era obtida por monitorização eletrocardiográfica. Durante a progressão do exercício, uma súbita elevação do volume expiratório representava o limiar anaeróbio do atleta, associado à freqüência de atividade física mais pesada na escala de Borg<sup>2,14,15</sup>.

Depois de 15 dias de treinamento individualizado pelo limiar anaeróbio, ao nível do mar, o grupo deslocou-se para Cochabamba a 2.600m de altitude. Na manhã seguinte à chegada, os valores da FC em repouso, ao despertar, foram na média de 60bpm. Uma elevação de 25% em relação aos valores médios de 48bpm ao nível do mar, nas mesmas condições. Como já citado, estes parâmetros poderiam prever um período de aclimação sem complicações.

Desta forma foi possível continuar o treinamento físico, técnico e tático praticamente sem solução de continuidade. Após 15 dias, o grupo viajou para La Paz, com altitude de 3.600m. O período inicial de treinamento nesse local de altitude mais elevada caracterizou-se por uma pequena redução da capacidade física, quando avaliada em testes de campo. Quinze dias após, os valores de FC em repouso e de  $VO_2$  max nos testes de campo superpunham-se aos valores encontrados no final do treinamento a 2.600m. Este bom desempenho foi evidenciado nas competições em que nossos atletas puderam desenvolver seus recursos técnicos e táticos sem restrições, apesar da elevada altitude.

Fizemos um estudo comparativo dos valores de  $VO_2$  max alcançados nos testes de campo<sup>18</sup>, com o grupo que se submeteu ao programa de aclimação no México, em 1986, em Toluca a 2.600m, com o grupo que

**Tabela I Dados dos atletas participantes da Copa do Mundo/86 e Pré Olímpicos/87**

Copa do Mundo/86 Toluca (México) 2.600m, $VO_2$ max após 75 dias de treinamento ml/kg/min (ACSM)	• Pré - Olímpico (Seul/87) La Paz (Bolívia 3.600m) $VO_2$ max após 45 dias de treinamento	*Idade (anos)	**Idade (anos)
50,3	52,5	28	26
56,5	57,8	25	21
50,5	60,2	27	22
52,9	58,1	24	21
50,7	60,9	26	20
58,3	58,4	25	23
56,5	57,8	30	22
50,1	57,5	31	20
61,5	59,2	26	21
50,3	57,7	24	22
51,1	56,5	26	23
52,1	58,9	25	24
52,5	57,5	24	20
47,3	55,8	24	21
53,5	58,5	26	22
m=52,94	m=57,82	m=26,07	m=21,87
DP=3,75	DP=1,95	DP=2,15	DP=1,64
n=15	n=15	n=15	n=15
P<0,001		P<0,001	

foi à La Paz, a 3.600m. O desempenho deste último foi melhor apesar de estar a uma altitude mais elevada e de ter menor tempo de treinamento disponível. Podemos atribuir este melhor preparo à faixa etária, com valores médios menores em relação ao grupo de 1986 e, também a maior experiência da Comissão Técnica nesse tipo de treinamento (tab. I). Uma atenção especial foi dada a este grupo com vistas à prevenção do risco de supertreinamento (*overtraining*), caracterizado por irritabilidade, inapetência e redução do desempenho<sup>19</sup>, que refletem-se de forma significativa na técnica e tática do atleta em competição. **Recomendações** - 1) a adequada aclimatação à altitude exige um programa de treinamento físico individualizado, através do limiar anaeróbio, obtido em teste ergométrico máximo no local onde o atleta vive; 2) é aconselhável um controle de peso corporal através do equilíbrio entre calorias ingeridas e atividade física, assim como a dieta inicial nas altitudes elevadas, rica em carboidratos; 3) a adequada aclimatação a altitudes elevadas deve ser escalonada, com duração de 3 semanas; 4) especial atenção deve ser dada à prevenção de risco de supertreinamento que é potencializado pela hipóxia da altitude.

### Referências

1. Astrand PO, Rodahl K - Tratado de Fisiologia do Exercício, 2ª ed. Rio de Janeiro, Interamericana, 1982.
2. Hespanha R, Vvacqua R - Ergometria e Reabilitação em Cardiologia. Rio de Janeiro, Medsi Editora 1992.
3. Mc Ardle WD, Katla FI, Katch VI - Exercise Physiology, Energy, Nutrition and Human Performance, Lea & Febiger, Philadelphia, 1981.
4. Zarate S - J Arch Inst Cardiol Mex 1984; 54: 345.
5. Krasney JA - A neurogenic basis for acute altitude illness. Med Sci Sports Exerc 1994; 26: 195-208.
6. Saltin B, Grover R - Maximal oxygen uptake and cardiac output after 2 weeks at 4.300m. J Appl Physiology 1968; 25: 4.
7. Abbrecht PH, Littel JK - Plasma erythropoiting men and mice during acclimatization to different altitudes. J Appl Physiol 1972; 32: 54.
8. Winslow RM - Hipoxia and polycythemia, the "optimal" hematocrit. In: Sutton J, Houston - Hipoxia Man at Altitude. New York, Thieme Stratton 1982.
9. Sutton J - Houston-hipoxia-man at altitude. New York, Thieme Stratton 1982.
10. Vivacqua RC - Aclimatação cardiorrespiratória de atletas à altitude. Arq Bras Cardiol 1985; 44: 287-92.
11. Viana AR, Guedes DP, Leite PF, Vivacqua RC - Futebol - Bases Científicas do Treinamento Físico. Sprint, Rio de Janeiro, 1987.
12. Vivacqua RC, Parreira O - Aclimatação cardiorrespiratória na altitude. ATS Curandi. Medicina Desportiva 1982;15: nº 3.
13. Vivacqua RC - Avaliação cardiorrespiratória de atletas - mesa redonda, Coração do Atleta XLII Congresso da Sociedade Brasileira de Cardiologia. Belo Horizonte 1986.
14. Barros Neto TC, Silva AC, Piçarro IG, Russo AK, Tarasantchi J, Vivacqua RC - Respostas cardiorrespiratórias ao exercício em condições de normóxia e hipóxia. Depto de Fisiologia, Escola Paulista de Medicina. São Paulo, Anais do Congresso SB Fisiol 1986.
15. Vivacqua RC - Aplicações Clínicas do Limiar Anaeróbio -II Simpósio Internacional de Ergometria e Reabilitação - VII Simpósio Nacional de Ergometria e Reabilitação. São Paulo 1988.
16. Ribeiro JP et al - Effects of diferentir incremental exercise protocols on the determination of lactate and ventilatory thresholds. Braz J Med Biol Res 1986;1: 109-17.
17. American College of Sport Medicine - Guidelines for Exercise Testing and Exercise Prescription. Philadelphia. Lea & Febiger 1986.
18. Amencan College of Sports Medicine - Resource Manual to Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Lea & Febiger 1988.
19. Lehman MC et al - Overtraining in endurance athletes. Med Sci Sport Exerc 1993; 25:854.