



Alterações morfológicas e hematológicas após uma expedição a mais de 6500 metros de altitude: um estudo-caso.

Domingos J. Lopes da Silva¹; Pedro A. Costa Alves²

¹Professor Auxiliar, Faculdade de Desporto da Universidade do Porto

²Amigos da Montanha – Associação de Montanhismo de Barcelinhos

Silva, D. J.; Alves, P. A. ; (2006). Alterações morfológicas após uma expedição a mais de 6500 metros de altitude: um estudo de caso. *Motricidade* 2 (2): 123-133

Resumo

Com o presente estudo pretendemos avaliar as alterações morfológicas e hematológicas num único montanhista que fez uma expedição a mais de 6500 metros de altitude. O sujeito da nossa amostra é adulto jovem (34 anos de idade), do sexo masculino, não-fumador, com profusa prática desportiva.

Foram avaliados as seguintes componentes:

- Composição corporal – peso, estatura, 13 pregas de adiposidade subcutânea (queixo, bicipital, tricípital, antebraço, subescapular, peitoral, midaxilar, abdominal, suprailíaca, supraespinal, crural, suprapatelar e geminal), 7 circunferências musculares (braço relaxado, braço em máxima contração, expansão torácica, cintura, anca, coxa e geminal).

- Indicadores hematológicos – eritrograma, leucograma e plaquetas.

Constatámos as seguintes alterações:

- Diminui da espessura das pregas adiposas e da maior parte das circunferências musculares.
- Aumento da circunferência torácica.
- Diminuição do peso corporal.
- Diminuição da quantidade de tecido adiposo, reduzindo os valores absoluto e relativo.
- Aumento da densidade corporal.
- Aumento dos indicadores do eritrograma.
- Aumento dos leucócitos, linfócitos e do número de plaquetas sanguíneas.
- Diminuição dos neutrófilos.

Palavras-chave: montanhismo, altitude, composição corporal, hematologia.

Data de submissão: 26-04-2006

Data de aceitação: 16-05-2006

Abstract

Morphologic alterations and hematológicas after an expedition more than the 6500 meters of altitude: a case study

The present study intended to assess the morphologic and haematological modifications in a single subject who is a young adult male, non-smoker, mountaineer, that had done an expedition at more than 6500 metres of altitude.

The following components were assessed:

- Body composition – height and body weight, 13 skinfolds thickness (chin, biceps, triceps, forearm, subscapular, chest, midaxillary, abdominal, suprailiac, supra-spinal, thigh, suprapatellar, and calf), 7 body circumferences (relaxed and at the most contraction of arm, thoracic expansion, waist, hip, thigh, and geminal).

- Haematological indicators – erythrogram, leucogram, and blood platelets.

We found the following changes:

- Decrease of almost all skinfold thickness and of almost all body circumferences.
- Increase of thoracic circumference.
- Decrease of body weight.
- Decrease of total and percentage of fat mass.
- Increase of body density.
- Increase of all indicators of erythrogram.
- Increase of leucocytes, lymphocytes, and the number of blood platelets.
- Decrease of neutrophils.

Key-Words: mountain climbing, high altitude, body composition, haematology





Introdução

Ainda que não esteja definido com precisão o conceito de alta-montanha, é comumente aceite como sendo todas as elevações de terreno que passam além dos 2500 metros de altitude. Um número crescendo de pessoas em todo o mundo tem vindo a dedicar-se às práticas de alta-montanha, quer sejam por praticantes regulares e sistemáticos na dedicação ao treino, quer turistas aventureiros, na maior parte das vezes durante o período de férias de Verão, que desejam ultrapassar os seus próprios limites.

Os riscos de uma ascensão rápida são por demais conhecidos, vão desde um estado de sensação de estar doente e com náuseas, até ao surgimento de outros sintomas, como fortes dores de cabeça, perda do apetite, excitabilidade, insónias, rápida descida do peso corporal e vômitos, que no seu conjunto foram o denominado “mal de montanha”. E não é preciso subir-se muito para que estas advertências emitam o seu sinal de alerta. Num trabalho pioneiro publicado na Revista *Military Medicine*¹, está referenciado que tal situação é susceptível de ocorrer em altitudes de 2743m; mais recentemente, alguns investigadores², mostraram que tal fenómeno pode ocorrer em indivíduos que não realizaram aclimação em altitudes de 3000m, dependendo da velocidade de ascensão e do grau de aptidão. Estes sintomas, geralmente, permanecem por três dias, mas a recuperação do peso corporal perdido só ocorrerá quando se regressar ao nível do mar³. Todavia, está por explicar se a perda de peso corporal que ocorre em expedições prolongadas de alta-montanha é devida a um inadequado aporte nutricional, à desidratação ou a outros factores desconhecidos^{4,5}. Muita da informação existente acerca dos efeitos da altitude aborda a problemática das características fisiológicas, mas pouco se sabe acerca dos efeitos na composição corporal. Por outro lado, a composição da massa corpo-

ral perdida não foi ainda totalmente esclarecida, por exemplo, i) Guiland e Klepping⁶ mostraram uma redução considerável de tecido adiposo, ii) Diversos investigadores^{7,8,9} mostraram a existência de uma redução substancial de massa gorda e de massa magra, iii) no trabalho de Hoppeler *et al.*¹⁰, foi observado uma redução de 20% no tamanho da fibra muscular e 25% na sua capacidade oxidativa, iv) por tomografia axial computadorizada observou-se que a principal perda de peso corporal derivou da redução do tecido magro¹¹. De todo o modo, parece que a magnitude das transformações morfológicas também depende da altitude alcançada e do tempo de permanência em altitude¹², bem como do aporte nutricional¹³, particularmente a suplementação de aminoácidos de cadeia ramificada, susceptível de reduzir a depleção muscular¹⁴.

Ao nível das modificações produzidas nos indicadores hematológicos com a permanência prolongada em altitude, apesar do primeiro trabalho datar de 1901, só a partir da década de 80 do século passado é que alguns investigadores passaram a debruçar-se seriamente sobre esta temática. Por exemplo, hoje sabe-se que a leucocitose é uma das mais consistentes modificações produzidas com a exposição prolongada em altitude¹⁵ e com a prática de exercício físico, podendo aumentar até quatro vezes o seu valor basal, não parecendo estar relacionada com a capacidade física do indivíduo, mas antes parece estar directamente associada com a intensidade e duração do exercício¹⁶. Este aumento deve-se sobretudo ao aumento dos neutrófilos, e em menor percentagem dos linfócitos e dos monócitos¹⁷.

Com este estudo pretendemos avaliar as alterações morfológicas e hematológicas que ocorrem num indivíduo (estudo-caso) após uma expedição de alta montanha a mais de 6500 metros de altitude.



Metodologia

Amostra

Sujeito: atleta adulto jovem (34 anos de idade), não-fumador, praticante de montanhismo à mais de 10 anos (dos 24 aos 34 anos). O sujeito não usava hormonas ou outras drogas susceptíveis de interferir com o metabolismo. O consentimento informado respeitou as normas explícitas na Declaração de Helsínquia (1975).

Procedimentos

Expedição: com a participação do mais famoso montanhista de Portugal da actualidade, João Garcia, e alguns atletas do Clube de Montanhismo da Guarda, foi realizada uma expedição a Aconcágua (Argentina), cujo cume fica a 6962 metros de altitude. A duração da expedição foi de 21 dias. Todavia, o tempo de permanência em altitude igual ou superior ao campo-base foi de 15 dias (de 23 de Dezembro de 2002 a 6 de Janeiro de 2003). A expedição foi auto-organizada, pelo que não obedeceu a nenhuma aprovação ética.

Tabela 1 – Desenho do estudo.

de adiposidade subcutânea (PAS) (queixo, bicipital, tricipital, antebraço, subescapular, peitoral, midaxilar, abdominal, suprailíaca, supraespinal, crural, suprapatelar e geminal), 7 circunferências musculares (braço relaxado, braço em máxima contracção, expansão torácica, cintura, anca, coxa e geminal).

Indicadores hematológicos – eritrograma, leucograma e plaquetas.

Composição corporal: todas as medições foram efectuadas pelo mesmo observador no hemi-corpo direito. A selecção das PAS e os pontos anatómicos de medição respeitaram os princípios metodológicos definidos por Harrison et al.¹⁸. Foi registada a média de 2 medições. Em todas as PAS utilizámos um adipómetro Holtain, o qual apresenta uma pressão constante (10g/mm²) entre as duas pinças ao longo de toda a sua amplitude de abertura.

Foram, ainda, efectuadas medições de algumas circunferências musculares, nomeadamente, braquial relaxado e em contracção, expansão torá-

Tabela 1

Partida	Campo-Base	Campo 1	Campo 2	Campo 3	Cume	Chegada
50m altitude	4300m	4900m	5400m	6000m	6962m	50m altitude
<u>Antes:</u> avaliação antropométrica e hematológica.	A actividade física desenvolvida pelo sujeito foi aquela necessária para o deslocar de um campo para outro, com vista à aclimação.				<u>Depois:</u> avaliação antropométrica e hematológica.	

Avaliação/extensão temporal e medidas registadas: foi efectuada, em dois momentos de observação (M_1 : 4 de Dezembro de 2002; M_2 : 9 de Janeiro de 2003), a medição das seguintes variáveis:

Composição corporal – peso, estatura, 13 pregas

cica, cintura, anca, coxa e da perna. Foi registada a média de 2 medições. Em todas as circunferências musculares utilizámos uma fita métrica flexível e inextensível Circumeter Enraf-Nonius®.

Na medição do peso corporal, com o sujeito



vestindo apenas cuecas, foi utilizada uma balança electrónica portátil Tanita Body Fat Monitor Scale TBF-531. Na medição da estatura utilizámos um estadiómetro de parede de fabrico pessoal.

O cálculo da densidade corporal foi efectuado pela equação de Durnin e Rahaman ¹⁹. O percentual de gordura foi calculado pela equação de Siri ²⁰.

Recolha sanguínea – indicadores hematológicos: a amostra de sangue venoso periférico, obtido pela veia antecubital, para determinação dos indicadores hematológicos, foi realizada por especialistas num laboratório privado de análises clínicas e analisada dentro das 6 horas seguintes à recolha.

Resultados e discussão

Tabela 2 – Composição corporal: resultados obtidos nos dois momentos de observação. Diferença entre momentos. Percentagem de modificação.

Com excepção da PAS suprapatelar que não sofreu alteração de um momento de registo para o outro, nas restantes PAS verificou-se uma diminuição da espessura em M_2 , o que equivale a dizer a uma redução na quantidade de tecido adiposo após a expedição. De todo o modo, em termos absolutos, a redução foi mais evidente nas PAS queixo, tricípital, peitoral e supraílica. Por sua vez, em termos relativos, a redução foi mais pronunciada nas PAS dos membros superiores, seguida dos membros inferiores e, por último, do tronco. A redução de 11.4% no total das PAS é semelhante aos 10.8% observados em outros estudos ²¹.

Traduzindo para avaliação da CC, após a expedição a Aconcágua (Argentina), elevaram-se os valores da densidade corporal, estabilizou a quantidade de tecido magro e reduziu-se a quanti-

dade de tecido adiposo, quer em valor absoluto (kg), quer relativo (%). Na realidade, se não estranharmos o facto da diminuição da massa gorda, o mesmo não se sucede com a estabilização da massa magra, uma vez que o tipo e qualidade do esforço físico despendido orienta-se no sentido, também, da depleção muscular ^{8,10,11}, tal como se verificou na massa corporal total, cuja diminuição atingiu os 1.2kg, o que é significativamente mais baixo comparativamente a outros estudos envolvendo montanheiros ^{5,22}. Para além da permanência em altitude e a habituação a situações-limite de sobrevivência, provavelmente também o rigor na adequação alimentar/nutricional, fizeram com que o valor da redução do peso corporal registado não fosse significativo. De modo concordante com o presente estudo (PE), valores reduzidos de redução da quantidade de tecido magro também foram registados noutros estudos ^{9,10,11}. Porém, a redução do peso corporal devido à má-nutrição por perda do paladar num ambiente desconfortável com redução do aporte calórico e a anorexia da altitude por falta de apetite, a desidratação, a inapropriada aclimação, o dispêndio energético e possivelmente a má-absorção intestinal são fenómenos bem conhecidos em montanheiros. Ainda que o ser humano, realizando uma complexa série de adaptações, consiga sobreviver em ambientes com baixas pressões barométricas em altitudes acima dos 6000m.

Relativamente à massa corporal total, um estudo levado a efeito por Piccoli et al. ²² com um grupo de 7 montanheiros que durante 4 semanas fizeram uma ascensão até aos 7000 metros nos Himalaias (Nepal), a perda média de peso corporal situou-se em 1.8kg (antes: 71.8kg; após: 70.0kg); de modo mais acentuado, no estudo de Zamboni et al. ¹⁵, que consistiu na realização de uma expedição a 7546m ao Muz Tagh Ata (China), envolvendo 10 homens e 2 mulheres, a perda de peso corporal foi superior a 3kg (antes: 70.2kg; após: 66.9kg); por sua vez, Tanner e Stager ¹²¹ observaram uma



Tabela 2

Composição Corporal	M ₁ [Dez. 2002]	M ₂ [Jan. 2003]	Dif. M ₂ -M ₁	Modificação (%)
+ Medidas Antropométricas de Base:				
• Peso (kg)	76.0	74.8	-1.2	1.6
• Estatura (cm)	183.5	183.5	0	0.0
• Pregas de Adiposidade Subcutânea:				
• Queixo (mm)	12.9	11.4	-1.5	11.6
• Bicipital (mm)	2.7	2.3	-0.4	14.8
• Tricipital (mm)	6.8	5.6	-1.2	17.6
• Antebraço (mm)	3.7	3.2	-0.5	13.5
• Subescapular (mm)	8.6	8.4	-0.2	2.3
• Peitoral (mm)	4.6	3.5	-1.1	23.9
• Midaxilar (mm)	5.3	4.8	-0.5	9.4
• Abdominal (mm)	12.1	11.6	-0.5	4.1
• Suprailíaca (mm)	7.2	6.1	-1.1	15.3
• Crural (mm)	12.0	9.8	-2.2	18.3
• Suprapatelar (mm)	6.0	6.0	0	0.0
• Geminal (mm)	4.7	4.0	-0.7	14.9
• 2PAS (mm)	86.4	76.7	-9.7	11.2
• Σ 5PAS do Tronco (mm)	37.7	34.3	-3.4	9.0
• Σ 3PAS Membros Superiores (MS) (mm)	13.1	11.1	-2.0	15.3
• Σ 3PAS Membros Inferiores (MI) (mm)	22.7	19.9	-2.8	12.3
+ Circunferências Musculares:				
• Braço Relaxado (cm)	28.3	27.9	-0.4	1.4
• Braço em Contração (cm)	32.8	32.0	-0.8	2.4
• Expansão Torácica (cm)	102.0	104.6	+2.6	2.5
• Abdominal (cm)	77.0	78.0	+1.0	1.3
• Anca (cm)	91.6	89.5	-2.1	2.3
• Crural (cm)	54.6	54.5	-0.1	0.2
• Perna (cm)	37.7	38.5	+0.8	2.1
• Ratio Cintura/Anca	0.84	0.87	+0.03	3.6
+ Composição Corporal:				
• Densidade Corporal (g.cm ⁻³)	1.07236	1.07575	+0.00339	0.3
• Gordura Corporal (%)	11.6	10.1	-1.5	12.9
• Gordura Corporal (kg)	8.8	7.6	-1.2	13.6
• Massa Magra (kg)	67.2	67.2	0	0.0



redução do peso em torno dos 4.2kg, num grupo de 5 montanheiros que realizaram uma expedição durante 21 dias até aos 4300m no Monte McKinley, Alaska. Westerterp et al. ^[23], registaram num grupo de 6 homens e 4 mulheres que realizaram uma expedição de 21 dias a Sajama (Bolívia), 6542m, uma redução do peso corporal de 4.9kg (antes: 65.7kg; após:60.8kg).

O atleta do PE reduziu o peso corporal não a expensas do tecido magro, mas do tecido adiposo. De modo semelhante, outros estudos ^{7,9} mostraram que 2/3 da redução do peso corporal foi devida à redução da massa gorda, enquanto que 1/3 de massa muscular. Numa expedição de 62 dias a uma das montanhas mais altas do mundo, Broad Peak, 8047m, envolvendo 13 montanheiros (11 homens e 2 mulheres), a perda de peso corporal situou-se em torno dos 6.5kg, principalmente devido à perda de água e de tecido adiposo ⁴. A manutenção da massa magra e a diminuição da massa gorda leva a um aumento da densidade corporal. No PE, o aumento de $0.003\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ na densidade corporal, equivalente a 0.3%, não parece ser relevante. Contudo, está associado à redução da massa gorda e manutenção da massa magra. As modificações morfológicas registadas não permitem, no entanto, asseverar se foram o produto do tipo de aporte nutricional e hídrico adoptado ou se por outros factores desconhecidos. Alguns investigadores ^{8,24}, demonstraram que em altitude as variáveis antropométricas sofreriam pequenas modificações desde que estivesse presente uma ampla disponibilidade alimentar. Num trabalho de Kayser et al. ²⁵ ficou patente que uma diminuição de 1% de tecido adiposo foi referido como sendo uma diferença pouco relevante ($p>0.05$). Outros autores ⁹, registaram com relevância estatística uma redução de 2.2% de massa gorda após uma expedição de altamontanha durante 16 dias. Por sua vez, diversos investigadores ²³ observaram após uma expedição a 6542m uma redução de 3.7kg de tecido gordo, representando cerca de $\frac{3}{4}$ da massa perdida. Tam-

bém em exercício de simulação em situação de hipoxia em câmara hipobárica, foi observado uma potente redução de ácidos gordos plasmáticos ²⁶. No PE, a redução de tecido adiposo situou-se em 1.5%.

À semelhança das PAS, também se registou uma diminuição das circunferências musculares braquial relaxado e em contracção, da anca e da coxa, embora apenas a medida da anca tenha sido aquela que sofreu a modificação absoluta mais pronunciada (-2.1cm). Opostamente, as circunferências abdominal e máxima expansão torácica sofreram modificações positivas. O conjunto de todas as circunferências avaliadas registou um equilíbrio entre momentos de observação, o que é contrário a estudo de Tanner e Stager ²¹ cujo total reduziu 2.8%. A relação cintura-anca (RCA), identificada como: i) estando directamente relacionada com os níveis de concentração de tecido adiposo visceral ²⁷, ii) significativamente correlacionada com a quantidade de gordura depositada intra-abdominal e subcutaneamente ²⁸, iii) associada a um conjunto variado de doenças ²⁹, foi ligeiramente mais elevada em M_2 do que em M_1 (M_1 :RCA=0.84; M_2 :RCA=0.87). Segundo Kirschener e Samojlik ³⁰, o homem geralmente apresenta valores de RCA superiores a 0.85. Estes valores estão em oposição com outros estudos ⁵, cujo ratio cintura/anca registou um decréscimo considerável ($p<0.05$). Outras medidas aumentaram após a expedição, são o caso das circunferências abdominal, da perna e máxima expansão torácica, com esta última a apresentar a diferença mais expressiva (+2.6cm). Aliás, a permanência em altitude e o subsequente treino em regime de resistência de longa duração é susceptível de promover o aumento da caixa torácica ³¹.

Tabela 3 – Indicadores hematológicos: resultados obtidos nos dois momentos de observação. Diferença entre momentos. Percentagem de modificação.

VR – valor relativo (%)

VA – valor absoluto

Tabela 3

Indicadores Hematológicos	M ₁ [Dez/2002]	M ₂ [Jan/2003]	Dif. M ₂ -M ₁	Modificação (%)
ERITROGRAMA				
• Eritrócitos (10 ¹² /L)	5.25	5.43	+0.18	3.4
• Hemoglobina (g/dL)	15.6	16.7	+1.1	7.1
• Hematócrito (%)	46.7	49.4	+2.7	5.8
• Volume Globular Médio (fL)	89.0	90.9	+1.9	2.1
• Hemoglobina Globular Média (pg)	29.7	30.8	+1.1	3.7
• Conc. Hemog. Globular Média (g/Dl)	33.4	33.8	+0.4	1.2
LEUCOGRAMA				
• Leucócitos (10 ⁹ /L)	5.4	6.5	+1.1	20.4
• Neutrófilos (%)	41.3 [2.2]	40.0 [2.6]	-1.3 VR	+ 0.4 VA 3.1VR 15.4VA
• Eosinófilos (%)	3.2 [0.2]	3.3 [0.2]	+0.1 VR	0.0 VA 3.0VR 0.0VA
• Basófilos (%)	0.5 [0.0]	0.4 [0.0]	-0.1 VR	0.0 VA 25VR 0.0VA
• Linfócitos (%)	46.8 [2.5]	49.2 [3.2]	+2.4 VR	+ 0.7 VA 4.9VR 21.9VA
• Monócitos (%)	8.1 [0.4]	7.1 [0.5]	-1.0 VR	+ 0.1 VA 14.1VR 20VA
PLAQUETAS				
• Plaquetas sanguíneas (10 ⁹ /L)	195	215	+20.0	10.3

A resposta imunitária ao exercício físico está dependente de um conjunto multivariado de factores, dos quais destacamos, a intensidade, duração e tipo de prática físico-motora, o nível de treino do sujeito, a fase do dia em que se procede à recolha da amostra sanguínea, a prática física anterior, entre outros. Não existem a nível internacional muitos estudos que tenham efectuado a comparação dos indicadores hematológicos antes e depois de uma expedição a alta-montanha, o que logicamente inviabiliza uma discussão mais profunda. Por outro lado, este estudo, apesar da natureza relativa, apresenta-se como o primeiro a ser realizado em Portugal, avaliando cumulativamente componentes morfológicas e hematológicas, antes e depois de uma expedição de alta-montanha. Todavia, a recolha sanguínea no segundo momento de avaliação ocorreu três dias após a expedição, o que é susceptível

de interferir com as adaptações agudas ao esforço desenvolvido.

De uma forma geral, os indicadores hematológicos aumentaram após a expedição. O eritrograma, mostrou, como seria de esperar, valores mais elevados após a expedição. A rarefacção de oxigénio e o treino (sob a forma de marcha) continuado em tais circunstâncias, são as principais causas do aumento de cada um dos seus indicadores³². Contudo, de todos eles, apenas aqueles referentes à taxa de hemoglobina se aproximaram do mais elevado valor de referência laboratorial, os restantes permaneceram sensivelmente a meio das referências. O aumento da taxa de hemoglobina, em termos absolutos e relativos, é acompanhado pelo estudo de outros autores³³. Um estudo realizado com um grupo de montanheiros³⁴, revelou que após 1 a 2 dias de expedição a 3500m, as concentrações de eritropoetina aumentavam cerca de 3 vezes os valores iniciais; ao ascenderem aos 4500m ainda se registou um ligeiro aumento,



Conclusão

porém os valores retornaram gradualmente aos valores iniciais durante os 22 dias de permanência nesta altitude. Este dado revela a evidência do estímulo da hipoxia hipobárica no aumento significativo da eritropoiése particularmente nos primeiros dias, a altitudes mais baixas, no entanto não se pode assumir que esse estímulo se traduza num aumento importante da produção de eritrócitos, tal como foi verificável neste estudo (Dif. $M_2 - M_1 = +0.18$; 3.4%).

A análise do leucograma, mostrou que o atleta da nossa amostra apresentou aumentos «mais significativos» nos leucócitos ($10^9/L$) e linfócitos (%), ainda que ambos dentro dos valores de referência laboratorial. Os leucócitos, como demonstraram alguns investigadores¹⁶, são susceptíveis de aumentar na resposta à actividade física continuada. A taxa de linfócitos embora usualmente normal em atletas, diversos autores³⁵ mostraram a existência de baixas concentrações linfocitárias em maratonistas. Os neutrófilos registaram a descida relativa mais acentuada (-1.3%), embora tenham aumentado em termos absolutos (+0.4). Todavia, ambos os valores aproximam-se perigosamente do mais baixo valor de referência laboratorial (2.0), ao passo que os monócitos, apesar da descida relativa de valores (-1.0) e um ligeiro aumento em termos absolutos (+0.1), continuam com uma margem estável dentro do sujeito. De forma semelhante encontra-se o percentual de basófilos e de eosinófilos. Por estes dados, verifica-se que um pouco contrariamente a outros trabalhos¹⁷, ao aumento dos leucócitos não se registaram aumentos cumulativos de neutrófilos e de monócitos, em termos relativos, mas registaram-se aumentos em termos absolutos. Provavelmente, devido à especificidade da prática desportiva em questão. O aumento de 10.3% do número de plaquetas sanguíneas vai de encontro aos resultados de outros estudos^{36,37}.

Apesar deste estudo ser o primeiro a ser realizado em Portugal considerando simultaneamente indicadores morfológicos e hematológicos, os resultados obtidos devem ser relativizados, na medida em que apenas um único atleta/montanheiro não pode ser representativo da população de montanheiros existente, mas que serve como referencial daquilo que poderá ocorrer morfológica e hematologicamente a quem esteja a pensar em expedições de alta-montanha.

Em face dos resultados obtidos podemos concluir que uma expedição de 15 dias a uma altitude superior a 6500 metros, promove, em termos morfológicos, modificações diferenciais na composição regional do corpo, sugerindo uma preferencial perda de tecido adiposo e uma manutenção relativa do tecido magro; em termos hematológicos, a expressão das modificações não foi tão significativa. Em suma, as principais alterações foram:

- diminui da espessura de quase todas as PAS e da maior parte das circunferências musculares.
- diminuição do peso corporal (ainda que no PE tal não tenha sido tão evidente quanto é referido na revisão da literatura).
- diminuição da quantidade de tecido adiposo, reduzindo os valores absoluto e relativo.
- aumento da densidade corporal.
- aumento da circunferência torácica.
- aumento dos indicadores do eritrograma.
- aumento dos leucócitos, linfócitos e do número de plaquetas sanguíneas.
- diminuição dos neutrófilos.



Correspondência

Prof. Doutor Domingos José Lopes da Silva
Urb. Calçadas, Edif. América, Ent.3, Ap.80,
Cx.187
Arcozelo – Barcelos
4750-169 Arcozelo BCL
Telem.: 966656739
E-mail: domingos-silva@fcdef.up.pt

Referencias

1. Gray E (1955). Appetite and acclimatization to high altitude. *Mil Med.* 117 (5):427-431.
2. Dinmore AJ, Edwards JS, Menzies IS, Travis SP (1994). Intestinal carbohydrate absorption and at high altitude (5730m). *J Appl Physiol.* 76 (5):1903-1907.
3. Butterfield GE, Gates G, Flemming S, Sutton JR, Reeves JT (1992). Increased energy intake minimises weight loss in men at high altitude. *J Appl Physiol.* 72 (5):1741-1748.
4. Fusch C, Gfrorer W, Koch C, Thomas A, Grunert A, Moeller H (1996). Water turnover and body composition during long-term exposure to high altitude (4,900-7,600 m). *J Appl Physiol.* 80 (4):1118-1125.
5. Zamboni M, Armellini F, Turcato E, Robbi R, Micciolo R, Todesco T, Mandragona R, Angelini G, Bosello O (1996). Effect of altitude on body composition during mountaineering expeditions: interrelationships with changes in dietary habits. *Ann Nutr Metab.* 40 (6):315-324.
6. Guillard JC, Klepping J (1985). Nutritional alterations at high altitude in man. *Eur J Physiol Occup Physiol.* 54 (5):517-523.
7. Westerterp KR, Kayser B, Brouns F, Herry JP, Saris WH (1992). Energy expenditure climbing Mt. Everest. *J Appl Physiol.* 73 (5):1815-1819.
8. Kayser B, Narici M, Milesi S, Grassi B, Cerretelli P (1993). Body composition and maximum alactic anaerobic performance during a one month stay at high altitude. *Int J Sports Med.* 14 (5):244-247.
9. Armellini F, Zamboni M, Robbi R, Todesco T, Bissoli L, Mino A, Angelini G, Micciolo R, Bosello O (1997). The effects of high altitude trekking on body composition and resting metabolic rate. *Horm Metab Res.* 29 (9):458-461.
10. Hoppeler H, Howald H, Cerretelli P (1990). Human muscle structure after exposure to extreme



altitude. *Experientia*. 46 (11-12):1185-1187.

11. Rose, MS, Houston CS, Fulco CS, Coates G, Sutton JR, Cymerman A (1988). Operation Everest. II: Nutrition and body composition. *J Appl Physiol*. 65 (6):2545-2551.

12. Fulco CS, Hoyt RW, Baker-Fulco CJ, Gonzalez J, Cymerman A (1992). Use of bio-electrical impedance to assess body composition changes at high altitude. *J Appl Physiol*. 72 (6):2181-2187.

13. Fulco CS, Friedlander AL, Muza SR, Rock PB, Robinson S, Lammi E, Baker-Fulco CJ, Lewis SF, Cymerman A (2002). Energy intake deficit and physical performance at altitude. *Aviat Space Environ Med*. 73 (8):758-765.

14. Schena F, Guerrini F, Tregnaghi P, Kayser B (1992). Branched-chain amino acid supplementation during trekking at high altitude. The effects on loss of body mass, body composition, and muscle power. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 65 (5):394-398.

15. Zaccaria M, Borea PA, Opocher G, Ponchia A, Varani K, Fraccarollo D, Scandellari C (1997). Effects of High-Altitude Chronic Hypoxia on Platelet Alpha 2-receptors in Man. *Eur J Clin Invest*. 27 (4):316-321.

16. McCarthy DA, Dale MM (1988). The leucocytosis of exercise. A review and model. *Sports Med*. 6 (6):333-363.

17. MacKinnon LT (1992). Exercise and leukocytes: number, distribution, and proliferation. In: *Exercise and Immunology*. MacKinnon, LT (ed). Champaign, Illinois: Human Kinetics, 25-40.

18. Harrison G, Buskirk E, Carter J, Johnston F, Lohman T, Pollock M, Roche A, Wilmore J (1988). Skinfold Thickness and Measurement Technique. In: *Anthropometric standardization reference manual*. Lohman T, Roche A, Martorell R (eds). Champaign, Illinois: Human Kinetics Books, 55-70.

19. Durnin JV, Rahaman MM (1967). The Assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfolds thickness.

Br J Nutr. 21 (3):681-689.

20. Siri WE (1961). Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods. In: *Techniques for Measuring Body Composition*. Brozek J, Henschel A (eds). Washington DC: National Academy of Sciences. National Research Council, 223-244.

21. Tanner DA, Stager JM (1998). Partitioned weight loss and body composition changes during a mountaineering expedition: a field study. *Wilderness Environ Med*. 9 (3):143-152.

22. Piccoli A, Piazza P, Noventa D, Pillon L, Zaccaria M (1996). A new method for monitoring hydration at high altitude by bioimpedance analysis. *Med Sci Sports Exerc*. 28 (12):1517-1522.

23. Westerterp KR, Kayser B, Wouters L, Le Trong JL, Richalet JP (1994). Energy balance at high altitude of 6,542 m. *J Appl Physiol*. 77 (2):862-826.

24. Tschop M, Morrison KM (2001). Weight loss at high altitude. *Advances in Experimental Med Biol*. 502:237-47.

25. Kayser B, Acheson K, Decombaz J, Fern E, Cerretelli P (1992). Protein absorption and energy digestibility at high altitude. *J Appl Physiol*. 73 (6):2425-2431.

26. de Glisezinski I, Crampes F, Harant I, Havlik P, Gardette B, Jammes Y, Souberbielle JC, Richalet JP, Riviere D (1999). Decrease of subcutaneous adipose tissue lipolysis after exposure to hypoxia during a simulated ascent of Mt Everest. *Eur J Physiol*. 439 (1-2):134-140.

27. Valdez R, Seidell JC, Ahn YI, Weiss KM (1993). A new index of abdominal adiposity an indicator of risk for cardiovascular disease. A cross-population study. *Int J Obes*. 17 (2):77-82.

28. Despres JP, Prud'homme D, Pouliot MC, Tremblay A, Bouchard C (1991). Estimation of deep abdominal adipose-tissue accumulation from simple anthropometric measurements in men. *Am J Clin Nutr*. 54 (3):471-477.

29. Seidell JC (1992). Regional obesity and health. *Int J Obes*. 16 (Suppl. 2):531-534.





30. Kirschner MA, Samojlik E (1991). Sex hormone metabolism in upper and lower body obesity. *Int J Obes.* 15 (Suppl. 2):101-108.
31. Collins, K.J (1999). Physiological variation and adaptability in human populations. *Ann Hum Biol.* 26 (1):19-38.
32. Bailey DM, Davies B (1997). Physiological implications of altitude training for endurance performance at sea level: a review. *Br J Sports Med.* 31 (3):183-190.
33. Schmidt W, Heinicke K, Rojas J, Manuel Gomez J, Serrato M, Mora M, Wolfarth B, Schmid A, Keul J (2002). Blood volume and hemoglobin mass in endurance athletes from moderate altitude. *Med Sci Sports Exerc.* 34 (12):1934-1940.
34. Milledge JS, Cotes PM (1985). Serum erythropoietin in humans at high altitude its relation to plasma rennin. *J Appl Physiol.* 59 (2):360-364.
35. Green RL, Kaplan SS, Rabin BS, Stanitski CL, Zdziarski U (1981). Immune function in marathon runners. *Ann Allergy.* 47 (2):73-75.
36. Hudson JG, Bowen AL, Navia P, Rios-Dalenz J, Pollard AJ, Williams D, Heath D (1999). The effect of high altitude on platelet counts, thrombopoietin and erythropoietin levels in young Bolivian airmen visiting the Andes. *Int J Biometeorol.* 43 (2):85-90.
37. Hartmann S, Krafft A, Huch R, Breymann C (2005). Effect of altitude on thrombopoietin and the platelet count in healthy volunteers. *Thromb Haemost.* 93 (1):115-117.

