

AULA 10

OS EFEITOS DA ALTITUDE

10.1. O AMBIENTE FÍSICO.

O termo "elevada altitude" não é uma definição precisa. É considerado "elevada altitude" todas as elevações acima de 3000 metros, devido aos sintomas associados à ascensão. Estas regiões são encontradas no Havaí, Rochosas, Andes, Sierra Madre, Alpes, Atlas, Kilimanjaro, Antártida, Himalaia, etc.

a) hipoxia: a porcentagem de O_2 na atmosfera é a mesma no topo do Everest como ao nível do mar. Esta porcentagem permanece constante até cerca de 110 km, ao redor de 20.93%. Entretanto, como o gás é compressível, o número de moléculas por unidade de volume contidas ao nível do mar é maior do que no topo das montanhas. Ao nível do mar a pressão barométrica é de 760 mmHg ou 1013 hPa ou milibares, sendo o O_2 , 20.93%, ou seja 159 mmHg ou 210 hectopascals. A 6000 m a pressão é de aproximadamente 500 hPa ou mb e, portanto, a pressão parcial do oxigênio é de cerca de 100 hPa. A carência deste elemento, nestas condições, é denominada de hipoxia.

b) O frio : outra característica dos ambientes elevados é a baixa temperatura. A temperatura cai, em média, 6°C por km ou 1 grau a cada 150 metros, independente da altitude ou latitude. O clima montanhês costuma oscilar muito durante o dia, podendo ter uma amplitude térmica média de 20°C em 24 horas, como em Zurique.

c) A Umidade: a umidade, normalmente cai quando subimos. A combinação (ao extremo) de baixa umidade e baixa temperatura é bastante desconfortável aos seres humanos, levando à desidratação e trombose inicial das veias periféricas.

d) Radiação solar: com menor espessura atmosférica (caminho ótico) a radiação incidente é muito mais elevada e danosa (devido ao UV) nestas regiões.

10.2. TRANSPORTE DO O_2 DO AR AOS TECIDOS.

Com o metabolismo basal, os tecidos do corpo consomem entre 220 e 260 ml de oxigênio por minuto. O processo de respiração é uma complexa combinação de quatro mecanismos de transporte. Na ventilação ; o ar flui através da traquéia e brônquios para o espaço alveolar. Na difusão pulmonar: o ar passa para os alvéolos através das paredes capilares alveolares para o sangue (arterial). O O_2 é carregado pelo sangue para os tecidos (3° estágio). No 4° estágio, a difusão nos tecidos até a mitocôndria intracelular, onde será utilizado para a produção, em última instância, de energia(a pressão parcial do O_2 é de 2 a 3 hPa, no caso). Ver figura 1.

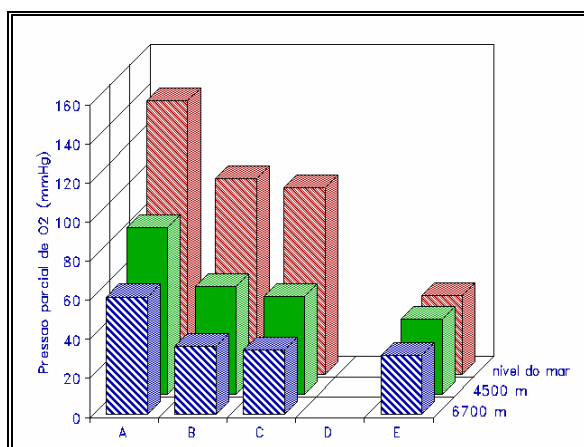


Figura 10.1. Média do gradiente de O₂ do ar inspirado até o sangue venoso em 3 diferentes altitudes, onde A = ar inspirado, B = nível alveolar, C = arterial, D = capilar e E = sangue venoso.

10.3.EFEITOS DA HIPOXIA PROLONGADA NO ORGANISMO.

a) Alargamento da carótida: as carótidas são mais largas nos montanheseiros do que nas pessoas normais e sua largura aumenta com a idade, tanto em seres humanos como em animais domésticos (porcos, vacas, cachorros e coelhos).

b) Hipertensão (vascular) das artérias pulmonares : a hipoxia prolongada traz (vasoconstricção suave nos músculos vasculares do pulmão indo de 12 mmHg (ao nível do mar) até 28 mmHg a 4500 m de altitude. Quanto ao resto do organismo há uma relaxação suave nos vasos, devido ao aumento do volume sanguíneo e a congestão nos pulmões.

c) Descarga cardíaca e a circulação : há aumento na descarga cardíaca especialmente no ventrículo direito (com hipertrofia muscular), alargamento do tórax, aumento do volume sanguíneo de 80 ml/kg para 100 ml/kg, mais hemácias e diminuição de infartos e trombose (no altiplano peruano, por ex.).

d) Glândulas endócrinas ; aumento da atividade geral, especialmente da adrenal, a pituitária posterior produz, com pequena exposição, hormônios diuréticos, depois produz o ADH (hormônio anti-diurético), devido à grande possibilidade de desidratação pela baixa umidade ambiental.

e) Coagulação do sangue: com a diminuição do número de plaquetas, corre-se menos risco de trombose.

f) Pele, nariz e unhas: aumenta o número de arteríolas e capilares, dando a coloração avermelhada à pele (além do aumento da hemoglobina). As unhas tornam-se escurecidas (devido à hipoxia), mesmo com o aumento da rede sanguínea. O nariz é mais largo para facilitar a entrada de ar.

10.4. DOENÇAS DE ALTITUDE.

A) Doença de altitude aguda (ou de Monge, 1928): inicia-se de 6 a 96 horas após a exposição contínua à hipoxia. Sintomas: falta de ar, inspiração profunda, enjôo, aumento dos batimentos cardíacos, etc. Chama-se puna na Bolívia e orocho no Peru.

Os negros que sofrem de anemia falciforme (hemácias deformadas) padecem mais intensamente desta doença.

O diagrama abaixo mostra os fatores envolvendo a doença de Monge

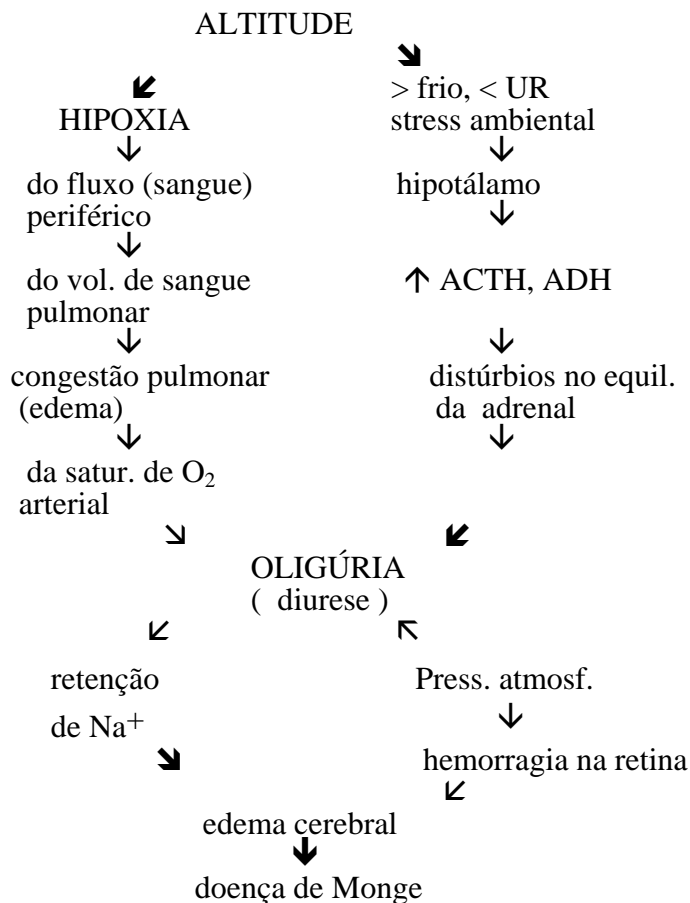


Figura 10.2. diagrama com fatores envolvendo a doença.

10.5. ACLIMATIZAÇÃO E DOENÇAS EM ANIMAIS.

A) Gado : o gado não aclimatado sofre a doença-do-peito (em inglês "brisket disease"), comum em *Bos taurus*, levando o edema pulmonar e sobrecarga no coração, fatal.

b) Camelídeos de altitude:são a lhama (*Lama glama*), a alpaca (*Lama pacos*), o guanaco (*L.guanicoe*) e a vicunha (*L.vicugna*), todos andinos. Possuem artérias pulmonares de paredes finas que não se contraem (na hipoxia), impedindo a congestão e o edema pulmonar. Suas hemoglobinas, também, tem maior afinidade pelo oxigênio.

c) Anfíbios : o sapo, estudado por J. Costeau, *Telmatobius culeus*, vive a 3810 m, no lago Titicaca. Possui dobras na pele para aumentar sua superfície de absorção de O₂, aumento na rede capilar da pele e ainda hemáceas pequenas e numerosas.

d) Comunidade eólica: são animais (artrópodes, em geral), levados pelo vento a altitudes de 6000 m ou mais.

10.6. ACLIMATIZAÇÃO E ADAPTAÇÃO

A acomodação é o primeiro processo de tolerância à hipoxia com aumento da ventilação e da taxa cardíaca. A aclimatização é a segunda etapa, possuindo as características já mencionadas, levando alguns anos para obtê-la e a aclimatização natural é dos indivíduos que já nascem na altitude.

A longevidade destes indivíduos pode ser devida a inúmeros fatores, tais como: menor obesidade, trabalho árduo, dificuldades na data de nascimento, maior contato familiar, etc.