

# Malattie da altitudine

GIORGIO BARTOLOZZI

Pediatra, Università di Firenze

*Questa è una sistematizzazione della questione altitudine → ipossia → mal di montagna, vista anche nei suoi aspetti minori. Il testo è particolarmente dedicato ai consigli alla famiglia, e i box di approfondimento al problema generale della medicina dell'ambiente. Paghino uno e porti a casa due.*

Quello dell'altitudine è uno dei problemi non minori, anche se raramente trattato nella letteratura medica corrente, dell'ambiente: sia a livello personale (vacanze, trasporto aereo, ascensioni, escursioni in funivia, altitudine e ipertensione, altitudine e emoglobinopatie, altitudine e desaturazione per cause patologiche diverse), sia a livello di sistema sanitario (uso di O<sub>2</sub>, trasporto di pazienti critici, ostetricia in altitudine), sia infine a livello epidemiologico (carenza di iodio, peso alla nascita, complicanze ipossiche del parto, incidenza di SIDS).

La maggior parte di questi problemi riguarda l'adulto; pochi (gravidezza e parto, SIDS, falcemia) riguardano il bambino "a rischio"; quasi nessuno riguarda il bambino sano.

Eppure, molti genitori chiedono al loro pediatra se c'è un problema a portare in vacanza in montagna, e a che altitudine, il loro bambino, sano, di 6 mesi, o di un anno, o di 2 anni, o di 10 e fino a che altezza, o a fargli fare un viaggio in aereo, o un'escursione; e magari chiede di sapere se la montagna fa bene o se è meglio il mare, o ancora se c'è rischio a farlo salire in fretta (funivia) da 1000 a 2500 metri, per sciare sulla Tofana.

Il presente contributo è rivolto quasi esclusivamente a questi aspetti di gestione familiare quotidiana. Alcuni altri aspetti (che sono trattati, per

## HIGH-ALTITUDE ILLNESS

(Medico e Bambino 2008;27:239-243)

### Key words

High-altitude illness, Children born preterm, Pulmonary and cerebral edema, Broncho-pulmonary dysplasia

### Summary

Children less than one year old can be taken to altitudes up to 2,500 meters, like adults with minor or medium severity heart and lung conditions. Higher altitudes can cause severe reactions, including acute mountain sickness and pulmonary and cerebral edema. Oxygen pressure on airplanes is the same as that found at altitudes of 1,500-2,400 meters. Children born preterm should undergo attentive clinical and instrumental examinations before being subjected to such conditions. Supplementary oxygen administration is necessary for preterm infants who have had broncho-pulmonary dysplasia or other lung conditions.

esteso, su un contributo pubblicato da Samuels MP. su *Archives of Disease in Childhood*, a cui raccomandiamo di fare riferimento per approfondimenti) saranno esposti a parte, in alcuni box dedicati.

## LE FASCE DI ALTITUDINE

Capita spesso che i genitori domandino al pediatra quale sia l'altitudine massima che i loro figli possono sopportare (*Tabella I e Box 1*). Prima di rispondere definiamo le fasce di altitudine:

□ **Altitudine intermedia**, da 1500 a 2500 m: questa zona viene indicata comunemente con il nome di "zona indif-

ferente", anche se all'estremo superiore si notano già lievi modificazioni fisiologiche. Se la saturazione di ossigeno rimane superiore al 90%, le malattie da altitudine, pur potendo essere presenti, sono rare; solo soggetti affetti da broncopneumopatie, cardiopatie, anemia, ipertiroidismo possono non tollerare altitudini superiori ai 2500 m.

### Ma, tra 2000 e 2500 m: altitudine di attenzione?

Nell'insieme, e specialmente per quel che riguarda la patologia minore (insonnia, irrequietezza, cefalea, disturbi della cenestesi, dell'appetito, dell'umore), potremmo considerare con qualche maggiore attenzione la fascia tra i 2000 e i 2500 m. In questa fascia,

e usualmente con un certo intervallo di tempo dopo il suo raggiungimento, si possono manifestare segni sottili, ma oggettivi, di imperfetto adattamento neuro-psichico (allungamento nei tempi di risposta; disarmonie motorie) e/o comportamentale (disturbi della cenestesi, dell'umore, del sonno, dell'appetito), che senza costituire un pericolo possono però disturbare una vacanza (Box 2).

D'altra parte, il 28% dei bambini che viaggiano a una altezza tra 1600 e 2800 m presenta dei disturbi acuti e rapidamente regredibili simili a quelli del male di montagna acuto. Una percentuale del 21% di bambini presenta però gli stessi sintomi viaggiando a livello del mare. Questi dati ci portano a due conclusioni: la prima è che la maggior parte di questi sintomi è dovuta a stress e non è da attribuire direttamente all'altitudine; la seconda è comunque che nel 7% dei bambini un'altitudine "intermedia", tra circa 2000 e 2500 m produce "di per sé" dei disturbi attribuibili a una lieve malattia acuta da altitudine.

Possiamo, infine, aggiungere che, sebbene in un soggetto sano la probabilità di andare incontro a una malattia da altitudine non sia prevedibile, questa evenienza è riproducibile in un soggetto che ne sia stato colpito; in altre parole, esiste una predisposizione naturale a questo tipo di eventi.

❑ **Altitudine elevata**, da 2550 a 3500 m: le malattie da altitudine sono frequenti e crescono con l'aumentare dell'altezza;

❑ **Altitudine molto elevata**, da 3550 a 5800 m: queste altitudini sono ben tollerate solo da soggetti allenati e da alpinisti. Negli altri le malattie da altitudine sono comuni, fino al 42% dei casi. La saturazione arteriosa di ossigeno è inferiore al 90%. Si nota un'evidente ipossiemia durante l'esercizio;

❑ **Altitudine estrema**, oltre i 5800 metri: marcata ipossiemia, anche a riposo. Deterioramento progressivo, nonostante una forte acclimatazione. Non può essere mantenuta una sopravvivenza duratura.

## LA MALATTIA DA ALTITUDINE

Questo termine generico comprende l'insieme dei quadri clinici che l'esposizione all'altitudine (in genere al di sopra dei 2500 m) può determinare, cioè il male di montagna

### PRESSIONE PARZIALE DELL'OSSIGENO ATMOSFERICO E INSPIRATO E SATURAZIONE DI OSSIGENO A DIFFERENTI ALTEZZE

metri	mmHg	pO <sub>2</sub> atmosfera	pO <sub>2</sub> inspirato	SatO <sub>2</sub> (%)
0	760	159	150	95,8-100
1000	674	142	132	88-97
2000	596	125	115	84-100
3000	526	111	100	81-91

(da Samuels MP, modificata)

Tabella 1

### Box 1 - FISIOPATOLOGIA DELL'ESPOSIZIONE A ELEVATE ALTITUDINI

L'effetto principale dell'esposizione a elevata altitudine è la riduzione della saturazione di ossigeno. L'effetto sul sistema nervoso autonomo (e dunque la risposta cardio-circolatoria) consiste in una stimolazione simpatica, e in particolare in un aumento della frequenza cardiaca e in un innalzamento della pressione arteriosa, con iperafflusso cerebrale e polmonare; avviene inoltre una mobilitazione dei cosiddetti precursori endoteliali circolanti (PB-EPCs), con possibili modificazioni della funzionalità e permeabilità capillare, specialmente a livello cerebrale e polmonare. Infine, specialmente se c'è concomitante fatica fisica, si verifica un aumento della frequenza respiratoria, con conseguente ipocarbia (alcalosi respiratoria). Gli effetti dell'ipocarbia, a livello del circolo cerebrale (vasocostrizione), sono in qualche modo opposti a quelli della ipossiemia, ma i sintomi che ne derivano (alcalosi respiratoria fino alla tetania, sonnolenza) sono in parte indipendenti.

Gli effetti clinici dipendono anche dalla rapidità della salita, e quindi dalla possibilità dell'organismo di adeguarsi allo sbalzo pressorio e, naturalmente, sono più facili a verificarsi in un soggetto con patologia cardio-vasculo-polmonare che in un soggetto sano.

Mancano dati sufficienti per dire se i meccanismi di compenso e riequilibrio siano differenti nel bambino rispetto all'adulto, ma non c'è motivo di ritenere che, al di fuori del periodo neonatale, e forse del primo anno di vita, queste possibilità di compenso siano peggiori nel bambino che nell'adulto. Certo, nel bambino le infezioni respiratorie sono più comuni che nell'adulto; e nel bambino che sviluppa edema polmonare da altitudine l'infezione è presente nel 79% dei casi (nell'adulto solo nel 13%).

acuto (MMA, ovvero *Acute Mountain Sickness*, AMS), l'edema polmonare da alta quota (EPAQ), l'edema cerebrale da alta quota (ECAQ) e infine la malattia cronica di montagna (MMC, ovvero *Chronic Mountain Sickness*, CMS) (Figura 1).

❑ **Mal di montagna acuto (MMA)**: una malattia acuta causata da una rapida ascesa oltre i 2500 metri, caratterizzata negli adulti da cefalea, anoressia, nausea e vomito, stanchezza, debolezza, vertigini, senso di stordimento e disordini del sonno;

❑ **Edema polmonare da alta quota (EPAQ)**: edema polmonare acuto causato da ipossia da altitudine, con

dispnea, ridotta tolleranza all'esercizio, tosse ed emottisi, tachicardia, cianosi e febbre; spesso l'EPAQ è preceduto da mal di montagna acuto;

❑ **Edema cerebrale da alta quota (ECAQ)**: è usualmente preceduto da MMA e consiste in cefalea, atassia, cambiamenti del comportamento, allucinazioni, confusione, disorientamento, riduzione del livello di coscienza, segni neurologici focali e coma;

❑ **Malattia cronica da altitudine (CMS)**: costituisce un problema di salute pubblica per le popolazioni che vivono > 2500 m (140 milioni di persone, per la grande maggioranza in Asia centrale e sulle Ande). Vengono considerate in questo ambito sia le

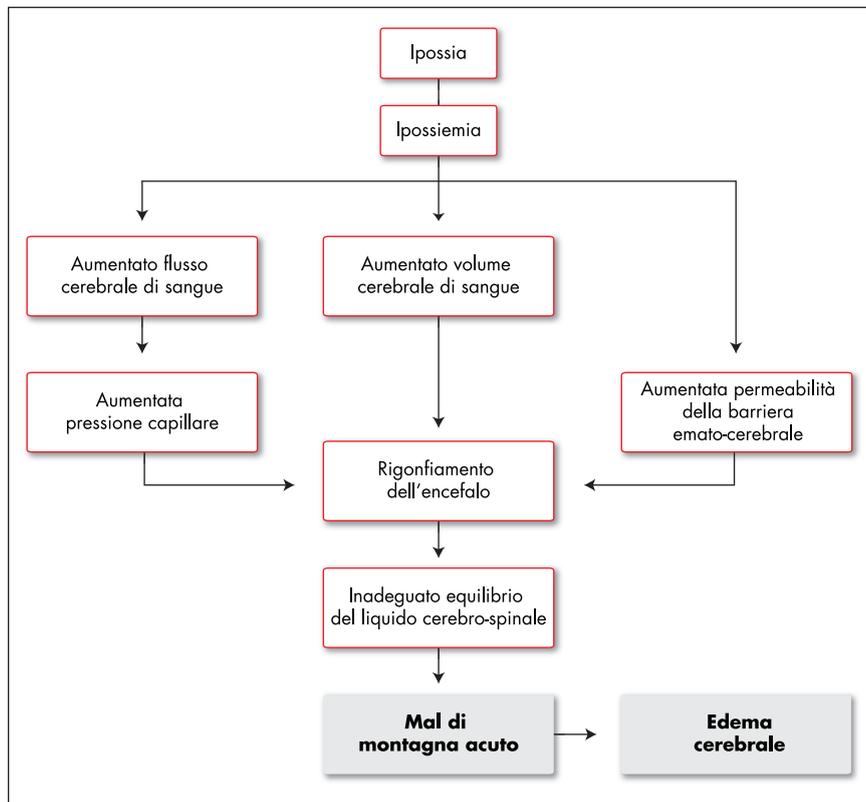


Figura 1. Fisiopatologia del mal di montagna (da: Basnyat B, Murdoch DR, 2003, modificata).

crisi di cianosi abituali del neonato, e più tipicamente, gli effetti di una perdita dell'adattamento all'ipossia dell'adulto o del vecchio (ipertensione polmonare da moderata a grave; esagerata policitemia, con relative conseguenze). In linea di massima, questo tipo di disturbi (e anche i disturbi che si verificano in età pre-perinatale) sono limitati, per motivi genetici, nella popolazione indigena e riguardano prevalentemente persone immigrate. Così, nel Tibet, le crisi di cianosi nel sonno, nel pianto, o nel corso di malattie respiratorie banali si verificano nel 100% dei neonati di origine cinese, ma solo nell'8% dei neonati autoctoni (Box 3).

L'incidenza delle malattie acute da altitudine è bassa nei bambini, ma ne sono stati già descritti almeno 300 casi, e non solo di bambini che raggiungevano quelle altezze per la prima volta. Si tratta specialmente di bambini con una storia di disordini polmonari perinatali, con patologie cardiache di vario tipo; ma ci sono anche

casi di bambini normali (sani) e bambini normali con patologia respiratoria infettiva banale (forse la tipologia più rappresentata).

Ai sintomi presentati dai bambini ad altitudini eccessive che abbiamo descritto sopra, che peraltro sono riscontrati anche negli adulti, vanno aggiunti sintomi non specifici (disturbi del sonno; alterazioni dell'appetito, del movimento e dell'umore), che di solito vengono attribuiti a quadri intestinali o a fattori psicologici. I sintomi iniziano da 4 a 12 ore dopo aver raggiunto la massima altezza.

Nel mal di montagna lieve è necessario fermarsi e magari discendere ad altezze inferiori, finché i sintomi non cessano; nella forma di media entità, oltre alla discesa, è necessario dare ossigeno, acetazolamide, desametasone ed eventualmente camera iperbarica. Nell'edema polmonare va aggiunta la nifedipina.

Concludendo, il rischio del mal di montagna è presente ad altitudini superiori ai 2500 m, in particolare se si

dorme a queste altezze; bisogna inoltre ricordare che le malattie intercorrenti possono aumentare il rischio. Può essere più difficile rilevare i sintomi nei bambini al di sotto dei 3 anni e soprattutto nei lattanti (bambini in fase preverbale).

Per la prevenzione di queste manifestazioni è necessario che la salita sia lenta e graduale, per dare tempo all'acclimatazione: viene in generale raccomandato un periodo di un giorno ogni 1000 m; sopra i 2500 m il periodo di acclimatazione deve essere di un giorno ogni 300 m di altezza. Non è necessario somministrare alcun farmaco per aiutare l'acclimatazione.

Sulla base di quanto sopra esposto si può rispondere alle domande dei genitori affermando che il bambino, anche di pochi mesi, non presenta problemi fino a 1500-2000 m di altezza; per altezze superiori sono necessari alcuni giorni di acclimatazione. Non è consigliabile superare i 2500 m per i bambini nel primo anno di vita o per bambini che abbiamo sofferto o che soffrono ancora di malattie polmonari o cardiocircolatorie (Box 4).

## VIAGGI IN AEREO

La pressurizzazione all'interno della carlinga degli aerei di linea riproduce una pressione di ossigeno corrispondente a un'altitudine fra i 1524 e i 2438 m (5000-8000 piedi): a tali altitudini la pressione barometrica diminuisce rispetto a quella che si riscontra a livello del mare, portandosi da 760 mmHg a 560 mmHg. Ciò determina una diminuzione della pressione parziale di ossigeno nel sangue arterioso ( $PaO_2$ ) con una saturazione di ossigeno che si abbassa al 90% circa. Per questa ragione i passeggeri con problemi polmonari o cardiovascolari, che già a livello del mare hanno una ridotta  $PaO_2$ , possono andare in ipossia durante il volo.

Il viaggio in aereo costituisce un problema anche per una parte dei bambini nati pretermine (per i quali si consiglia eventualmente un accurato esame clinico e strumentale fino

all'età di 12 mesi); se il bambino in questione ha sofferto di displasia bronco-polmonare o di altra patologia polmonare significativa, per evitare comparsa di desaturazioni durante il viaggio, potrebbe essere necessario che riceva un adeguato apporto di ossigeno (Box 4).

La pressione atmosferica in cabina passeggeri degli aerei di linea è intorno a quella presente a 2000 metri di quota: quindi non dovrebbe avere ripercussioni su un lattante sano. Il lattante sano, tuttavia, viaggiando in aereo, presenta spesso crisi di pianto, sia perché nella cabina per passeggeri il rumore raggiunge e supera i 100 decibel, sia per il frequente dolore alle orecchie dovuto a un cattivo funzionamento del meccanismo di apertura/chiusura della tuba di Eustachio (facilitare i movimenti di deglutizione per aprire le tube, per esempio allattandolo).

Un'attenzione particolare meritano i bambini con anemia drepanocitica, nei quali una pur lieve desaturazione, magari facilitata da un episodio concomitante di infezione respiratoria, può produrre una sindrome vaso-occlusiva. In linea di massima questi bambini possono viaggiare in cabina normalmente pressurizzata, ma è opportuno che bevano in abbondanza prima e durante il viaggio e che non rimangano fermi troppo a lungo, ma passeggiino nel corridoio per tenere attivo il circolo.

Dunque, e in conclusione, le categorie a rischio sono assai esigue: neonati, specie pretermine o comunque patologici, soggetti con problemi cardiorespiratori rilevanti, e infine emoglobinopatici.

**Indirizzo per corrispondenza:**

Giorgio Bartolozzi  
e-mail: [bartolozzi@unifi.it](mailto:bartolozzi@unifi.it)

**Box 2 - LA PRESSIONE ATMOSFERICA: UN ESPERIMENTO**

È stato condotto uno studio su 502 volontari, posti in una camera ipobarica, per esaminare il livello medio di saturazione di ossigeno con l'aumentare dell'altitudine: a una pressione corrispondente a un'altezza di 2438 m, è stata riscontrata una diminuzione massima della saturazione di 4,4 punti in percentuale.

Complessivamente il mal di montagna acuto si è verificato nel 7,4% dei partecipanti; la frequenza delle manifestazioni riscontrate è aumentata con l'aumentare dell'altitudine e con la diminuzione della saturazione di ossigeno; il quadro clinico è divenuto apparente dopo 3-9 ore di esposizione. Gli ultrasessantenni, soprattutto uomini, hanno riportato meno segni di sofferenza rispetto ai giovani e alle donne. Vengono rilevati 4 eventi avversi gravi e 15 eventi avversi.

Una riduzione del livello di ipossiemia di 4 punti non è sufficiente per determinare costantemente un mal di montagna, ma può contribuire ad aumentare la frequenza di casi di sofferenza dopo 3-9 ore in passeggeri non acclimatati.

**Box 3 - NASCERE IN ALTITUDINE: BASSO PESO, IPOSSIA, SIDS**

I bambini, di qualunque etnia, nati in Tibet hanno un alto tasso di mortalità (42/1000), di basso peso alla nascita (LBW, 13%), di pretermine (5,7%), e specialmente di malnutrizione fetale (SGA, 22,2%). Nell'ambito di questi valori generali, gli autoctoni hanno, rispetto ai cinesi o ai nati di altre etnie, nati comunque in Tibet (in altitudine), un più alto peso alla nascita e una minore incidenza di LBW, di necessità di un supplemento di O<sub>2</sub> e di ipertensione materna. Nell'insieme, questi dati indicano un effetto generale di maggior rischio (da ipossia?) e una relativa protezione (da aggiustamento genetico) per gli autoctoni.

In Colorado, la mortalità dei pretermine nati >2740 m è del 73% superiore a quella dei nati <2130 m.

Vi è inoltre uno stretto rapporto inverso tra incidenza di SIDS e altitudine nel luogo di abitazione: a 300 m la SIDS risulta essere causa del 25% di tutte le morti; e del 55% a 1500 m.

In Austria, il rischio di SIDS aumenta in funzione dell'altitudine con un rapporto dose/risposta.

**Box 4 - FATTORI CHE AUMENTANO LA SUSCETTIBILITÀ DI UN NEONATO O DI UN LATTANTE ALL' IPOSSIA**

- Tendenza all'apnea paradossa da ipossia
- Facilità alle infezioni respiratorie anche banali
- Cassa toracica più compiacente (depressibile)
- Ridotta produzione di surfactante (pretermine, bronchiolite severa)
- Possibilità di shift destro > sinistro (neonato, cardiopatia congenita o pervietà del dotto arterioso, ipertensione polmonare)
- Maggior ricchezza di miocellule nella parete arteriosa (vasocostrizione da ipossia)
- Basso diametro interno delle vie respiratorie (la conduttanza delle vie aeree cade dalla nascita all'età di 2 mesi)
- Maggiore bronco-iper-reattività all'ipossia
- Basso numero di alveoli (primissimi mesi)
- Presenza di HbF, con spostamento a sinistra della curva di dissociazione e meno facile cessione di O<sub>2</sub> ai tessuti

(da Samuels MP, modificato)

**MESSAGGI CHIAVE**

- ❑ L'altitudine costituisce un problema di salute pubblica per alcune popolazioni, concentrate principalmente in Asia centrale e sulle Ande. Il versante pediatrico più fortemente interessato da tale problema è quello della gravidanza e del parto (più elevata incidenza di nascite pretermine, di basso peso alla nascita, di malnutrizione fetale, di episodi anossici perinatali, di SIDS).
- ❑ Questi disturbi, e più in generale quelli comunemente indicati come male di montagna (male di montagna acuto, edema cerebrale acuto, edema polmonare acuto, male di montagna cronico), sono legati all'ipossiemia e alla risposta simpatica dell'organismo: aumento della frequenza respiratoria (con possibile ipocapnia) e cardiaca; aumento della pressione arteriosa; iperafflusso cerebrale e polmonare.
- ❑ Questi problemi sono più comuni per i nati non autoctoni che per gli autoctoni, verosimilmente per un arrangiamento genetico adattivo.
- ❑ Il rischio di disturbi legati all'altitudine (raggruppabili sotto il termine generico di mal di montagna) riguarda le quote superiori ai 2500 m. Al di sotto di questo limite si parla di "zona indifferente".
- ❑ In realtà, già a quote tra i 2000 e i 2500 m è possibile registrare, in una frazione ristretta di soggetti clinicamente sani, segni attribuibili a malattia di montagna acuta lieve; inoltre, nei lattanti si riscontra un'incidenza significativamente aumentata di SIDS.
- ❑ La copresenza di infezione respiratoria anche lieve aumenta il rischio.
- ❑ Il problema dell'ipossia da altitudine riguarda anche i viaggi in aereo. Tuttavia, poiché la pressione in cabina è di norma corrispondente ai 2000 m di quota, la grande maggioranza dei bambini sani ne rimangono esenti.
- ❑ Un atteggiamento prudente va riservato ai neonati, specie se pretermine e a maggior ragione se portatori di danno o malformazione cardio-vasculo-polmonare. Altra categoria a rischio è costituita dai bambini con drepanocitosi, nei quali l'ipossia anche lieve da altitudine, specie se associata a infezione respiratoria lieve, può indurre crisi vaso-occlusive.

**Bibliografia di riferimento***Considerazioni generali*

- Miller M, Solomon G. Environmental risk communication for the clinician. *Pediatrics* 2003;112:211-7.
- Miller RW. How environmental hazard in childhood have been discovered: carcinogens, teratogens, neurotoxicants, and other. *Pediatrics* 2004;113:945-51.
- Pollard AJ, Niermeyer S, Barry P, et al. Committee of the International Society for Mountain Medicine. ISMM Consensus State-

ment. Children at high altitude. Jasper Park Symposium, 12 marzo 2001.

- Woodruff TJ, Axelrad DA, Kyle AD, et al. Trends in environmentally related childhood illnesses. *Pediatrics* 2004;113:1133-40.

*Fasce di altitudine e mal di montagna*

- Basnyat B, Murdoch DR. High-altitude illness. *Lancet* 2003;361:1967-74.
- Durmowicz AG, Noordweir E, Nicholas R, Reeves JT. Inflammatory processes may predispose to high-altitude pulmonary edema. *J Pediatr* 1997;130:838-40.

- Forster P. Reproducibility of individual response to exposure to high altitude. *BMJ* 1984;289:1269.
- Kohlendorfer U, Kiechl S, Sperl W. Living at high altitude and risk of sudden infant death syndrome. *Arch Dis Child* 1998;79:506-9.
- Penaloza D, Arias-Stella J. The hearth and pulmonary circulation at high altitudes: healthy highlanders and chronic mountain sickness. *Circulation* 2007;115:1132-46.
- Theis MK, Honigman B, Yip R, McBride D, Houston CS, Moore LG. Acute mountain sickness in children at 2835 meters. *Am J Dis Child* 1993;147:143-5.

*Popolazioni montane e perinatalogia*

- Brent RL. Environmental causes of human congenital malformations: the pediatrician's role in dealing with these complex clinical problems caused by a multiplicity of environmental and genetic factors. *Pediatrics* 2004;113:957-68.
- Brent RL, Tanski S, Weitzman M. A pediatric perspective on the unique vulnerability and resilience of the embryo and the child to environmental toxicants: the importance of rigorous research concerning age and agent. *Pediatrics* 2004;113:935-44.
- Getts AG, Hill HF. Sudden infant death syndrome: incidence at various altitudes. *Dev Med Child Neurol* 1982;24:61-8.
- Kohlendorfer U, Kiechl S, Sperl W. Living at high altitude and risk of sudden infant death syndrome. *Arch Dis Child* 1998;79:506-9.
- McCullough RE, Reeves JT. Fetal growth retardation and increased infant mortality at high altitude. *Arch Environ Health* 1977;32:36-9.
- Rodier PM. Environmental causes of central nervous system maldevelopment. *Pediatrics* 2004;113:1076-83.
- Yangzom Y, Qian L, Shan M, et al. Outcome of hospital deliveries of women living at high altitude: a study from Lhasa in Tibet. *Acta Paediatr* 2008;97:317-21.

*Rischi in aeroplano*

- Muhm JM, Rock PB, Mcullin DI, et al. Effect of aircraft-cabin altitude on passenger discomfort. *N Engl J Med* 2007;357:18-27.
- Samuels MP. The effects of flight and altitude. *Arch Dis Child* 2004;89:448-55.
- Udomittipong K, Stick SM, Verheggen M, et al. Pre-flight testing of preterm infants with neonatal lung disease: a retrospective review. *Thorax* 2006;61:343-7.