

Diferències antropomètriques i fisiològiques entre nens residents a baixa i a gran altitud

Roger Garcia-Puig^{1,2}, Sònia Pujante³, Toni Veres^{1,2}, Salvador Quintana¹, Álvaro Díaz¹, Lluís Tobeña¹

¹Hospital Mútua de Terrassa; Terrassa. ²Institut d'Estudis de Medicina de Muntanya.

³Infermeria, Hospital Sant Joan de Déu; Barcelona

RESUM

Fonament. Hi ha pocs estudis sobre població específicament pediàtrica resident a gran altitud i els seus mecanismes d'adaptació.

Objectiu. Comparar dades antropomètriques, fisiològiques i la tolerància a l'esforç físic entre nens tibetans i catalans en els seus propis països de residència.

Mètode. Individus: 56 nens de sexe masculí, edat 8-15 anys. Grup 1: Tingri (4.500 m), n=21. Grup 2: Terrassa (400 m), n=35. Test d'exercici: anaeròbic, mesura FC dels segons 0-15 i 120-135. Estadística: anàlisi múltiple de la variància.

Resultats. Existia una diferència estadísticament significativa entre els dos grups per: pes, estatura, perímetre toràcic, índex de massa corporal, TA diastòlica, potència mitjana, FC immediatament postexercici i 2 minuts després, ritme d'augment de la FC immediatament postexercici.

Conclusions. Els dos grups pertanyen a poblacions clarament diferenciades. Els nens tibetans mostraven valors inferiors en els paràmetres antropomètrics. En condicions de repòs l'altitud no condicionaria una activitat cardiovascular compensatòria en els nens tibetans. Els nens catalans a 400 m van mostrar una major potència mitjana que els tibetans a 4.500 m. Es va observar una capacitat similar de recuperació després de l'exercici físic.

Paraules clau: Hipòxia. Altitud. Aclimatació. Antropometria. Pediatria.

DIFERENCIAS ANTROPOMÉTRICAS Y FISIOLÓGICAS ENTRE NIÑOS RESIDENTES A BAJA Y A GRAN ALTURA

Fundamento. Existen pocos estudios sobre población específicamente pediátrica residente a gran altitud y sus mecanismos de adaptación.

El contingut d'aquest article ha estat presentat prèviament al V World Congress on Mountain Medicine and High Altitude Physiology (Barcelona, 18-22 abril 2002).

Correspondència:

Dr. Roger García i Puig

Servei de Pediatria. Hospital Mútua de Terrassa.

Pl. Dr. Robert, 5. 08221 Terrassa

Treball rebut: 26-02-03. Treball acceptat: 08-05-03.

García-Puig R, Pujante S, Veres T, Quintana S, Díaz A, Tobeña LI. Diferències antropomètriques i fisiològiques entre nens residents a baixa i gran altitud. *Pediatr Catalana* 2003; 63: 167-171.

Objetivo. Comparar datos antropométricos, fisiológicos y la tolerancia al esfuerzo físico entre niños tibetanos y catalanes en sus propios países de residencia.

Método. Individuos: 56 niños de sexo masculino, edad 8-15 años. Grupo 1: Tingri (4.500 m), n=21. Grupo 2: Terrassa (400 m), n=35. Test ejercicio: anaeróbico, medida FC de los segundos 0-15 y 120-135. Estadística: análisis múltiple de la varianza.

Resultados. Existía una diferencia estadísticamente significativa entre los dos grupos para: peso, estatura, perímetro torácico, Índice de Masa Corporal, TA diastólica, potencia media, FC inmediatamente post-ejercicio y 2 minutos después, ritmo de aumento de la FC inmediatamente post-ejercicio.

Conclusiones. Los dos grupos pertenecen a poblaciones claramente diferenciadas. Los niños tibetanos mostraron valores inferiores en los parámetros antropométricos. En condiciones de reposo la altitud no condicionaría una actividad cardiovascular compensatoria en los niños tibetanos. Los niños catalanes a 400 m mostraron una mayor potencia media que los tibetanos a 4.500 m. Se observó una capacidad similar de recuperación después de ejercicio físico.

Palabras clave: Hipoxia. Altura. Aclimatación. Antropometría. Pediatria.

PHYSIOLOGICAL AND ANTHROPOMETRIC DIFFERENCES BETWEEN BOYS LIVING AT LOW AND HIGH ALTITUDE

Introduction. There are few studies directed at children living at high altitudes, and investigating their mechanisms of adaptation.

Objective. To compare anthropometric, physiological and physical exercise tolerance between Tibetan and Catalan children.

Method. Subjects: 56 boys, age 8-15 years. Group 1: Tingri (altitude 4,500 m), n = 21; Group 2: Terrassa (altitude 400 m), n = 35. Exercise test: anaerobic exercise; heart rate measured from 0 to 15 and from 120 to 135 seconds. Statistical analysis was performed using multiple variance analysis.

Results. There was a statistically significant difference between the two groups for weight, height, thoracic circumference, body mass index, diastolic blood pressure, mean power, heart rate immediately after the beginning of the exercise and after 2 minutes, and rate of increase of the heart rate immediately after exercise.

Conclusions. The two groups of children are very distinct. Tibetan boys showed inferior values in anthropometric parameters. In basal conditions, high altitude did not result in a compensatory cardiovascular activity in Tibetan

boys. Catalan boys living at 400 m. showed stronger mean power than Tibetan boys living at 4,500 m. There was a similar recovery capacity after physical exercise between both groups.

Key words: Hypoxia. Altitude. Acclimatisation. Anthropometry. Children.

Introducció

La pediatria de muntanya tot just ha iniciat, els darrers anys, el camí com a part diferenciada de la medicina de muntanya. El fet de tractar-se d'un vessant de la pediatria que estudia poblacions de zones del planeta aïllades i de baix nivell socioeconòmic o bé casos aïllats d'infants viatgers, sumat al fet que no revesteix cap interès econòmic per a la indústria farmacèutica, és la causa que s'hagin realitzat pocs treballs amb una metodologia, uns mitjans tècnics i una grandària de mostra adequats, i que la majoria de les observacions siguin d'investigadors individuals.

Hi ha un nombre reduït d'articles en els quals s'estudiï específicament població pediàtrica resident a gran altitud. En els estudis fets en adults on es comparen poblacions residents a baixa i gran altitud s'observen diferències notables en la funció pulmonar i en els paràmetres antropomètrics, metabòlics i hematològics. Basant-se en aquestes troballes, molts autors defensen la hipòtesi d'una adaptació genètica a l'altitud¹. En els pocs treballs on es compara població pediàtrica respecte de població adulta succeeix com en molts altres vessants de la medicina: el comportament és molt diferenciats sense que es pugui identificar una causa clara que ho justifiqui².

Les observacions sobre infants residents a baixa altitud que viatgen a grans altituds continuen sent anecdòtiques i la majoria de recomanacions són extrapolades de l'adult. Per establir unes recomanacions per a infants exposats a gran altitud, els esforços actuals estan encaminats a registrar l'epidemiologia del mal de muntanya pediàtric de diferents poblacions i localitzacions a nivell mundial, i des del mes de març del 2001 s'ha creat una base de dades internacional en la qual col·labora el primer firmant d'aquest treball per tal de recollir el major nombre de casos possibles.

Una de les poblacions del planeta més interessants per al metge de muntanya és la del Tibet, ja que mostra uns mecanismes d'adaptació a l'altitud diferents als de poblacions residents a gran altitud d'altres zones³. L'altiplà tibetà és més extens, geogràficament remot, i sembla haver estat ocupat per un període de temps superior que l'altiplà andí i la regió de les muntanyes Rocalloses, a jutjar per les dades arqueològiques, lingüístiques, genètiques i històriques. A més, la reserva genètica tibetana sorgeix d'un grup ampli de pobladors inicials i ha estat menys barrejada amb la de poblacions originàries de zones de menor altitud⁴. Per aquest motiu, alguns autors defensen la hipòtesi que aquestes ètnies són un exemple que

l'adaptació a l'altitud millora amb el temps, entenent com a tal el nombre de generacions⁵.

L'objectiu d'aquest estudi és comparar dades antropomètriques, fisiològiques i la tolerància a l'esforç físic (a través de determinar el consum d'O₂ màxim) entre nens tibetans i catalans en els seus propis països de residència.

Població i mètodes

Població

Es van estudiar un total de 56 nens de sexe masculí d'edats compreses entre 8-15 anys:

- Grup 1: 21 nens tibetans de Tingri pertanyents a famílies no nòmades (4.500 m).
- Grup 2: 35 nens catalans de Terrassa (400 m).

Variables

Dades antropomètriques: pes, estatura i perímetre toràcic (PT); tensió arterial (TA) en condicions basals; i la freqüència cardíaca (FC) en condicions basals, immediatament després de finalitzar l'exercici físic i 2 minuts després.

Test d'exercici

Es va escollir un test d'exercici anaeròbic perquè és menys dependent de la pressió parcial d'oxigen atmosfèrica; en cas d'avaluar el treball muscular aeròbic les condicions d'hipòxia relativa a gran altitud probablement provocarien diferències superiors entre els dos grups. En ser l'objectiu determinar la tolerància a l'esforç de l'individu s'havia de plantejar una prova d'esforç màxim (indicadora del consum d'O₂ màxim). Es va fer una adaptació del test de Wingate utilitzant la metodologia del *Harvard step test*: el nen havia de fer salts amunt i avall d'un esglaó d'una altitud aproximada de 10 cm durant 30 segons. Se li indicava que havia de fer el màxim nombre de salts possibles. Immediatament després de finalitzar l'exercici físic s'asseia i es mesurava la FC des dels segons 0 al 15 i 120 al 135. Com a marcador de la potència mitjana s'anotava el nombre total de salts de cada individu.

Els tests es van dur a terme en matins amb condicions climàtiques similars: a Tingri el juny del 2001 i a Terrassa el desembre del mateix any. El grau de motivació era equiparable (la informació era similar i uns nens eren espectadors dels altres mentre feien el test).

Anàlisi estadística

Anàlisi múltiple de la variància per mesures repetides amb el factor grup (tibetà vs terrassenc) per l'anàlisi entre grups i els diferents moments per l'anàlisi intragrupos.

Resultats

Es va observar una diferència estadísticament significativa entre els dos grups de nens per les variables següents: pes, estatura, PT, ràtio pes/estatura (RPE), RPE/PT, ràtio pes/estatura² = índex de massa corporal (IMC), TA diastòlica, potència mitjana, FC immediatament després de l'exercici físic i 2 minuts després. En totes aquestes variables els valors del grup de nens catalans eren superiors (Taula I). No hi havia cap diferència estadísticament significativa en la FC basal i la TA sistòlica.

TAULA I

Estadística descriptiva

	Grup	Mitjana	D.E.	p
Edat (anys)	1	11.90	2.02	0.275
	2	11.31	1.89	
Pes (kg)	1	24.67	4.79	0.000
	2	43.34	12.79	
Estatura (cm)	1	128.10	8.98	0.000
	2	148.31	14.59	
Perímetre toràcic (PT)	1	59.76	8.43	0.000
	2	75.40	7.86	
RPE (pes/estatura)	1	0.192	0.024	0.000
	2	0.292	0.060	
IMC (pes/estatura ²)	1	14.88	1.15	0.000
	2	19.29	2.85	
Estatura/PT	1	2.21	0.55	0.017
	2	1.97	0.12	
RPE/PT	1	0.0032	0.0007	0.001
	2	0.0038	0.0004	
IMC/PT	1	0.248	0.0588	0.973
	2	0.255	0.0250	
TA sistòlica (mmHg)	1	94.81	8.80	0.054
	2	104.57	21.57	
TA diastòlica (mmHg)	1	55.24	6.26	0.013
	2	60.29	7.47	
Nombre de salts	1	26.19	5.91	0.000
	2	37.43	6.22	
FC basal (batecs/min)	1	86.11	11.61	0.726
	2	87.17	20.08	
FC post exercici	1	146.11	13.42	0.045
	2	160.51	31.60	
FC 2 min després exercici	1	84.42	15.41	0.022
	2	99.14	24.53	

Grup 1: tibetans. Grup 2: catalans.

Analitzant l'evolució de la FC hi havia una diferència estadísticament significativa en el ritme d'augment de la FC immediatament postexercici (A-B) (Fig. 1) i en l'evolució de la FC del valor basal fins als 2 minuts després de l'exercici (A-B-C) (Fig. 2). No hi havia diferències quan comparàvem el ritme de descens de la FC immediatament postexercici i 2 minuts més tard (B-C). Quan es va comparar l'evolució de la FC de A-B o A-B-C ajustant per PT, IMC i nombre de salts, l'únic factor significatiu va ser el grup. Per tant, les diferències en l'increment i l'evolució de la FC no depenen de factors antropomètrics.

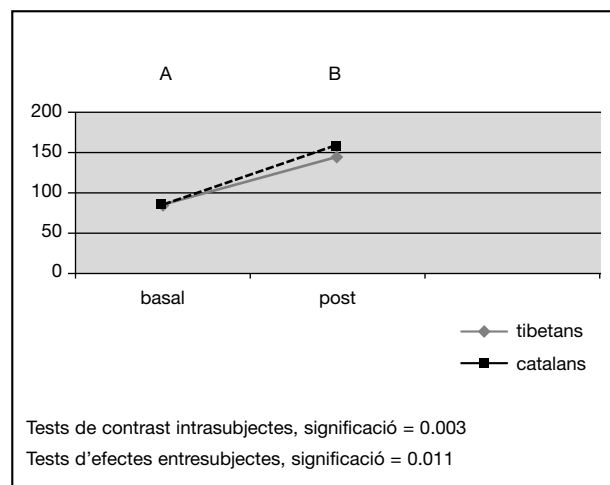


Fig. 1. Tests multivariants: evolució de la FC des de basal a postexercici.

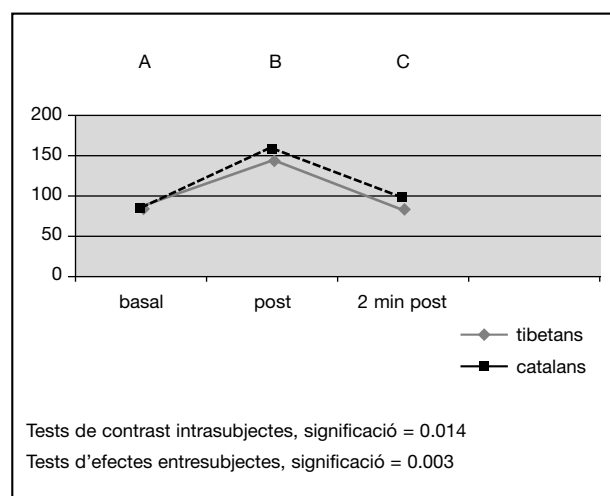


Fig. 2. Tests multivariants: evolució de la FC des de basal a 2 minuts postexercici.

Tot valorant els resultats obtinguts, podem destacar alguns aspectes:

- Els dos grups pertanyen a poblacions clarament diferenciades.
- Els nens tibetans mostraven valors inferiors en els paràmetres antropomètrics. Respecte dels valors de perímetre toràcic, la interpretació és diferent segons el factor de correcció que utilitzem: si l'analitzàvem en funció de l'estatura solament (estatura/PT) els nens tibetans mostraven uns PT proporcionalment inferiors als catalans; si fèiem l'anàlisi en funció d'una variant de l'índex de massa corporal que minimitzés la relació amb l'estatura, com ara la ràtio pes/estatura⁶, els nens tibetans mostraven uns valors de (pes/estatura)/PT inferiors, cosa que es traduïa en uns perímetres toràcics proporcionalment superiors amb relació a la massa corporal.

– La FC basal era similar i, per tant, en condicions de repòs l'altitud no condicionaria una activitat cardiovascular compensatòria per als nens tibetans. Els nens catalans a 400 m van mostrar una potència mitjana més gran que els nens tibetans a 4.500 m, però també es taquicarditzaven en un grau més alt. Sembla lògic que a gran altitud els nens tibetans fessin un nombre més petit de salts, però no era d'esperar que assolissin FC menors (menys entusiasme amb el test o menys competitivitat?). De totes maneres, es va observar una capacitat similar de recuperació després de l'exercici físic mesurada pel ritme de descens de la FC.



Fig. 3. Nens tibetans fent el test a 4.500 m.



Fig. 4. Nens catalans fent el test a 400 m.

Discussió

Òbviament, les grans diferències antropomètriques observades deuen estar produïdes per una causa multifactorial (nutricionals, genètiques, hipòxia per gran altitud...). Les diferències en condicions sociosanitàries entre els dos grups estudiats són abismals, i per tant seria lògic pensar que tenen una influència considerable en aquestes troballes. Les conclusions dels estudis previs són contradictòries; així, en un estudi que té en compte els efectes de la privació socioeconòmica, se suggereix que l'exposició crònica

a altituds de 2.500-3.900 m s'associa amb una moderada reducció en el creixement en nens⁷, però en altres estudis no troben efectes atribuïbles a la hipòxia sobre el creixement físic⁸. Centrant-nos en la regió de l'Himàlaia, en un recent article de Harris⁹, on s'estudiaven nens de 0 a 84 mesos d'onze regions diferents del Tibet i es comparaven els valors de pes i estatura amb els valors de normalitat de nens dels Estats Units, s'observaven uns percentatges de malnutrició molt elevats en els tibetans (un 50% presentaven retard pondoestatural moderat o sever), que no estaven relacionats amb l'altitud després d'ajustar pel tipus de comunitat. Abans d'aquest preocupant estudi es coneixien pocs aspectes de l'estat de salut, creixement i nutrició de la població pediàtrica del Tibet: només s'havia publicat un estudi de la prefectura de Lhasa¹⁰ del govern xinès, que després de valorar 14.000 nens conclouia que l'estat nutricional dels nens tibetans era «acceptable en general». No obstant això, en un estudi¹¹ de 1989 no publicat fet per la República Popular de la Xina en 16 regions tibetanes, la taxa de mortalitat en lactants era del 92 per 1.000, i es comparava amb el 68 per 1.000 de la resta de la Xina; la taxa de mortalitat en nens d'edat inferior als 5 anys era del 127 per 1.000, comparada amb el 84 per 1.000; i la mortalitat maternal era del 73 per 10.000, comparada amb el 20 per 10.000. No hi ha fonts on es pugui consultar l'evolució posterior o els valors actuals d'aquestes taxes.

Els valors dels perímetres toràcics obtinguts són difícils d'interpretar, i també són objecte de debat en la literatura existent sobre el tema. En el nostre estudi, si analitzem el PT dels nens tibetans respecte de l'estatura (estatura/PT) obtenim valors proporcionalment inferiors i respecte de la massa corporal (RPE/PT) superiors. Alguns autors sostenen la hipòtesi que en grups genèticament similars el fet de residir a gran altitud condiciona en el creixement de l'individu un augment del volum pulmonar¹², mentre que uns altres apunten un possible factor genètic¹³. Les conclusions d'estudis previs comparant els PT de poblacions residents a baixa i gran altitud refereixen un major diàmetre toràcic en la totalitat d'estudis sobre indígenes andins i en la majoria d'estudis sobre població indígena de l'Himàlaia¹⁴⁻¹⁶. En el nostre estudi, si corregim el PT en funció de la massa corporal obtenim uns resultats similars a la majoria de treballs previs, però no és així si el corregim en funció de l'estatura; una possible explicació seria que la població objecte del nostre estudi resideix a altituds superiors a les de la majoria de treballs previs, ja que en l'estudi de Weitz¹⁷ es constaten tòraxs més estrets en adolescents de sexe masculí tibetans residents a 4.300 m respecte els de 3.800 i 3.200 m.

El fet de constatar valors de TA diastòlica menors en els nens tibetans difereix de les troballes d'un estudi fet en nens peruans, els quals mostraven una TA sistòlica menor comparats amb nens holandesos¹⁸. Aquesta diferència podria ser deguda als diferents mecanismes d'adaptació a l'altitud referits en diversos mecanisme entre els nadius dels Andes i de l'Himàlaia. Si ja s'observen

diferències entre aquestes dues poblacions, encara són més marcades en els estudis on es compara població indígena de gran altitud amb residents procedents d'altituds menors en referència a la malaltia cardíaca de gran altitud, una forma crònica del mal de muntanya, caracteritzada per una hipertròfia del ventricle dret secundària a una hipertensió pulmonar, sense acompanyar-se d'una excessiva policitemia¹⁹. La prevalença és superior en nens respecte dels adults i en homes respecte de dones, i és molt més baixa en tibetans residents a gran altitud comparada amb nouvinguts aclimatats, com ara els xinesos Han²⁰. La majoria d'afectats presenten una recuperació completa en descendir a menor altitud, però els símptomes recorren si reascendeixen. Per aquest motiu, els xinesos recomanen a la seva població resident al Tibet que el naixement i els primers 12 mesos de vida siguin a altituds inferiors i que l'ascens sigui gradual, ja que els lactants tenen una major susceptibilitat de patir aquest trastorn i presenten una mortalitat més elevada²¹. Aquest fet també seria una mostra per a alguns autors de l'adaptació genètica a l'altitud de les poblacions indígenes tibetanes.

Considerem desencertada l'actitud adoptada fa uns anys de considerar les poblacions pediàtriques residents a gran altitud com a «petits però sans», i d'atribuir el baix desenvolupament pondoestatural a la hipòxia. Creiem que les condicions d'aïllament geogràfic i la duresa del medi del Tibet condicionen unes mancances dietètiques i dificulten la difusió d'uns hàbits sanitaris més adequats. També s'han de tenir en compte els factors socioeconòmics, polítics i culturals. Considerem que estudis on s'analitzessin les causes possibles d'aquest retard pondoestatural accentuat serien molt útils per establir unes mesures preventives apropiades.

Agraïments

Als professors i als alumnes de l'escola de Tingri i de l'Escola Pia de Terrassa, per la seva col·laboració en la realització dels tests d'esforç.

Bibliografia

- Rupert JL, Hochachka PW. The Evidence For Hereditary Factors Contributing To High Altitude Adaptation In Andean Natives: A Review. *High Alt Med Biol* 2001; 2: 235-257.
- Beall C. Oxygen Saturation Increases During Childhood And Decreases During Adulthood Among High Altitude Native Tibetans Residing At 3800-4200 M. *High Alt Med Biol* 2000; 1: 25-32.
- Moore LG. Comparative human ventilatory adaptation to high altitude. *Respir Physiol* 2000; 12: 257-276.
- Moore LG, Armaza F, Villena M, Vargas E. Comparative aspects of high-altitude adaptation in human populations. *Adv Exp Med Biol* 2000; 475: 45-62.
- Moore LG, Niermeyer S, Zamudio S. Human adaptation to high altitude: regional and life-cycle perspectives. *Am J Phys Anthropol* 1998; suppl 27: 25-64.
- Gonzalez GF, Villena A. Body mass index at menarche in Peruvian children living at high altitude and at sea level. *Hum Biol* 1996; 68: 265-275.
- De Meer K, Heymans HS, Zijlstra WG. Physical adaptation of children to life at high altitude. *Eur J Pediatr* 1995; 154: 263-272.
- Ober P, Fellmann N, Falgairette G, Bedu M, Van Praagh E, Kemper H et al. The importance of socioeconomic and nutritional conditions rather than altitude on the physical growth of prepubertal Andean highland boys. *Ann Hum Biol* 1994; 21: 145-154.
- Harris N, Crawford P, Yangzom Y, Pinzo L, Gyaltsen P, Hudes M. Nutritional and Health Status of Tibetan Children Living at High Altitudes. *NEJM* 2001; 344: 341-347.
- Zhou AH, Hou SY, Qyang B, Bu Q, Wu ZWM. Survey and study on nutritional and growth status of children, ages 0-84 months, living in Lhasa Municipal area, Tibet. Lhasa, Xina: Maternal and Child Hospital of Lhasa Municipality, 1986.
- National Center of Health Information and Statistics. MCH baseline study. People's Republic of China: National Ministry of Public Health, 1989.
- Weith CA, Garruto RM, Chin CT, Liu JC, Liu RL, He X. Lung function of Han Chinese born and raised near sea level and at high altitude in Western China. *Am J Human Biol* 2002; 14: 494-510.
- Greska LP. Evidence for a genetic basis to the enhanced total lung capacity of Andean highlanders. *Hum Biol* 1996; 68: 119-129.
- Droma T, McCulloch RE, Zhuang JG, Cymerman A, Sun SF, Sutton JR, Moore LG. Increased vital and total lung capacities in Tibetan compared to Han residents of Lhasa (3.685 m). *Am J Phys Anthropol* 1991; 86: 341-351.
- Pawson IG. Growth characteristics of populations of Tibetan origin in Nepal. *Am J Phys Anthropol* 1977; 47: 473-482.
- Malik SL, Singh IP. Growth trends among male Bods of Ladakh - alt high altitude population. *Am J Phys Anthropol* 1978; 48: 171-175.
- Weitz CA, Garruto RM, Chin CT, Liu JC, Liu RL, He X. Growth of Qinghai Tibetans living at three different high altitudes. *Am J Phys Anthropol* 2000; 111: 69-88.
- Jongbloed LS, Hofman A. Altitude and blood pressure in children. *J Chronic Dis* 1983; 36: 397-404.
- Ge RL, Helun G. Current concept of chronic mountain sickness: pulmonary hypertension-related high altitude heart disease. *Wilderness Environ Med* 2001; 12: 190-194.
- Halperin BD, Sun S, Zhuang J, Droma T, Moore LG. ECG observations in Tibetan and Han residents of Lhasa. *J Electrocardiol* 1998; 31: 237-243.
- Tianyi W, Chenyi M. High Altitude Heart Disease in Children in Tibet. *High Alt Med Biol* 2002; 3: 323-325.