

ARTÍCULO ORIGINAL

GLUCOSA Y LACTATO EN SANGRE DE ARTERIA UMBILICAL EN NEONATOS A TÉRMINO EN ALTURA

Wilfredo Villamonte^{1,a}, Carolina Casaverde^{2,b}, María Jerí^{1,3,c}, Janet Fernandez^{2,d}

¹ Centro de Investigación Materno Fetal de Altura (CENIMFA), Cusco, Perú

² Departamento de Pediatría, Hospital Nacional Adolfo Guevara Velazco, EsSalud, Cusco, Perú

³ Departamento de Ginecobstetricia, Hospital Nacional Adolfo Guevara Velazco, EsSalud, Cusco, Perú

^a Médico Ginecobstetra

^b Médico Neonatóloga

^c Obstetrix

^d Enfermera

Origen de apoyo: Autofinanciamiento.

Conflicto de intereses: Ninguno.

Artículo recibido el 20 de abril de 2014 y aceptado para publicación el 1 de julio de 2014.

Correspondencia:

Dr. Wilfredo Villamonte:
CENIMFA Urb. Villa del Carmen B4 San Jerónimo, Cusco, Perú.

✉ villamonte100@hotmail.com

RESUMEN

Objetivos: Determinar los valores de glucosa y lactato en sangre arterial de cordón umbilical en recién nacidos a término a 3 400 m de altitud. **Diseño:** Estudio prospectivo de corte transversal. **Institución:** Hospital Nacional Adolfo Guevara Velazco, EsSalud, Cusco, Perú. **Participantes:** Neonatos a término, a 3 400 m sobre el nivel. **Métodos:** Se obtuvo sangre de la arteria umbilical de 240 neonatos cuyo parto ocurrió en el Hospital entre agosto 2010 y diciembre 2011. Se determinó la media y los percentiles 5 y 95 de glucosa y lactato de sangre arterial del cordón umbilical de los neonatos. **Principales medidas de resultados:** Valores de glucosa y lactato en sangre arterial de cordón umbilical. **Resultados:** La edad promedio de la gestante fue 31 años, con nivel de hemoglobina 13,9 g/dL y antecedente de un hijo previo. El peso promedio neonatal fue 3 240 g, la talla 49,4 cm y el índice ponderal 2,7. El hematocrito de la arteria umbilical fue 48% y el peso placentario 666,4 g. El valor promedio de la glucosa fue 4,6 mmol/L y del lactato 4,4 mmol/L. **Conclusiones:** A 3 400 m por encima del mar, la media de la glucosa y lactato en los neonatos a término estudiados fue 4,6 y 4,4 mmol/L, respectivamente. **Palabras clave:** Altitud, cordón umbilical, hipoxia, peso al nacer, restricción de crecimiento fetal.

GLUCOSE AND LACTATE IN UMBILICAL ARTERY SERUM IN TERM NEONATES AT

HIGH ALTITUDE

ABSTRACT

Objectives: To determine umbilical artery glucose and lactate in newborns at term, at 3 400 m above sea level. **Design:** Prospective, cross-sectional study. **Institution:** Hospital Nacional Adolfo Guevara Velazco, EsSalud, Cusco, Peru. **Participants:** Term neonates, at 3 400 m above sea level. **Methods:** From August 2010 through December 2011 umbilical artery serum was obtained from 240 term neonates born at the Hospital. Mean values and 5th and 95th centiles of glucose and lactate of newborns' umbilical artery were determined. **Main outcome measures:** Glucose and lactate values of newborns' umbilical artery. **Results:** Pregnant women average age was 31 years, hemoglobin 13.9 g/dL and one previous child. Neonate average weight was 3 240 g, height 49.4 cm, weight status 2.7, umbilical artery hematocrit 48% and placental weight 666.4 g. Glucose was 4.6 mmol/L and lactate 4.4 mmol/L. **Conclusions:** Mean term neonates glucose and lactate at 3 400 m above sea level were respectively 4.6 and 4.4 mmol/L.

Keywords: Altitude, umbilical cord, hypoxia, birth weight, fetal growth retardation.



INTRODUCCIÓN

El peso al nacer es la variable antropométrica más usada para evaluar el crecimiento fetal, el cual a su vez es un importante marcador de morbilidad y mortalidad. En el Perú, el crecimiento fetal en la altura es menor que a nivel del mar y el umbral en el cual se puede ver un menor peso neonatal es a partir de los 2 000 m de altura⁽¹⁾. Esta disminución es resultante de la hipoxia hipobárica⁽²⁾, a la que se une el efecto de la pobreza que condiciona una menor ingesta calorías y proteínas, común en zonas urbano marginales y rurales, cuya población acude predominantemente a hospitales del Ministerio de Salud (MINSA), situación distinta a la de la población que acude a Hospitales del Seguro Social de Salud (EsSalud)⁽³⁻⁶⁾.

Galan y col⁽⁷⁾ determinaron que la disminución del peso en altura es causada primariamente por una reducción del tejido graso subcutáneo fetal y no por el tejido magro. Con empleo de la ecografía se puede observar que la circunferencia abdominal de los fetos a 3 400 m de altura, en la población de EsSalud, es semejante a la de los fetos nacidos en el Instituto Nacional Materno Perinatal (MINSA), situado a nivel del mar⁽⁴⁾. Esto se relaciona con incremento semejante del tejido celular subcutáneo abdominal y consecuentemente con peso al nacer parecido⁽³⁾ para ambas poblaciones, en lugares con diferentes niveles de altura.

El crecimiento fetal demanda un alto consumo de energía, lo que se traduce en un incremento en la necesidad de oxígeno y glucosa, los cuales generan energía a través del ciclo de Krebs. Consecuentemente, la glucosa es el principal sustrato para el metabolismo oxidativo de la placenta⁽⁸⁾. El consumo de oxígeno por la placenta es igual a la del feto, y supera a este cuando es expresado en base al peso, el cual es 10 mL/kg/min⁽⁹⁾.

La glucosa fetal es derivada de la circulación materna, la cual cruza la placenta por difusión facilitada, por lo que hay una alta correlación entre las concentraciones de glucosa plasmática fetal y materna⁽¹⁰⁾. Los fetos con restricción del crecimiento fetal se relacionan con niveles disminuidos de glucosa materna⁽¹¹⁾, al igual que los niveles elevados de glucosa se asocian con macrosomía fetal⁽¹²⁾.

La evaluación de la arteria umbilical nos demuestra el estado ácido-base fetal⁽¹³⁾. A 3 400 m de altura se ha definido que la presión de oxígeno (pO₂) es 14,9 mmHg⁽¹⁴⁾, valor menor al descrito a nivel del mar, y que traduce las condiciones de hipoxia en las que nace el feto en altura⁽¹⁵⁾. Por ello, la producción de energía por la vía anaerobia debe estar incrementada y consecuentemente los niveles de lactato.

En el Perú, más de 9 millones de personas viven por encima de los 2 000 m de altura⁽¹⁶⁾, lo que representa aproximadamente el 30% de la población. En el mundo, son más de 140 millones de personas que tienen esta misma condición⁽¹⁷⁾, razón por lo cual es importante conocer los niveles de glucosa y lactato en la sangre de la arteria umbilical fetal en altura, ya que no existen muchos trabajos que definan esta situación.

MÉTODOS

El estudio prospectivo de corte transversal fue realizado en el Departamento de Obstetricia y Ginecología del Hospital Nacional Adolfo Guevara Velazco de EsSalud del Cusco, localizado a 3 400 m de altura, de agosto de 2010 a diciembre de 2011. Se analizó sangre de la arteria umbilical de 243 neonatos de 37 a 42 semanas por fecha de última regla (corroborado con ecografía del primer trimestre), provenientes de gestaciones únicas sin patologías.

Inmediatamente producida la expulsión vaginal fetal, se pinzó el cordón umbilical en su porción proximal y distal en relación a la placenta, con una separación de 10 cm, y se obtuvo 2 mL de sangre de la arteria de la porción de cordón umbilical que se hallaba entre las pinzas⁽¹³⁾, con jeringa con heparina (Marquest TM). Luego, se cubrió la aguja con un tapón de goma y posteriormente se procedió a realizar la determinación de los niveles de lactato y glucosa con el analizador de gases Cobas® 21 (Roche Diagnostics GmHb Alemania), con calibración diaria, dentro de los 30 minutos siguientes a la toma de muestra.

Utilizando la tabla de la relación del peso con la edad gestacional para nuestra población⁽¹⁸⁾, se seleccionó 240 muestras de neonatos que tuvieron puntaje Ápgar mayor o igual a 7 a los 5 minutos, y posteriormente se realizó la evaluación estadística correspondiente.



Las variables evaluadas fueron glucosa y lactato.

El análisis de los resultados se realizó utilizando el programa estadístico SPSS versión 21, hallándose las medias, desviación estándar y los percentiles de las variables estudiadas.

RESULTADOS

En la tabla 1 podemos observar las características maternas de las gestantes evaluadas, evidenciándose que la edad promedio de nuestra población fue 31 años, con antecedente de un hijo previo y nivel de hemoglobina de 13,9 g/dL.

La edad gestacional promedio de los neonatos fue 39 semanas. El peso promedio neonatal a 3 400 m de altura fue 3 240 g, la talla 49,4 cm y el índice ponderal 2,7. El hematocrito de la arte-

ria umbilical y el peso placentario fueron 48% y 666,4 g, respectivamente (tabla 2).

El valor promedio de la glucosa a 3 400 m de altura fue 4,6 mmol/L y del lactato 4,4 mmol/L (tabla 3).

La distribución de la frecuencia de glucosa y lactato es mostrada en las figuras 1 y 2, respectivamente.

DISCUSIÓN

El peso al nacer a nivel de altura es menor comparado con el nivel del mar y es consecuencia de la hipoxia hipobárica^(2,3). A 3 400 m, la presión del oxígeno ambiental es 107,1 mmHg y la pO₂ en la arteria umbilical 14,9 mmHg⁽¹⁴⁾, valor que es menor al descrito para el nivel del mar y tiene

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS MATERNAS DE LOS NEONATOS A TÉRMINO A 3 400 M DE ALTURA.

Característica	Cantidad	Media	DE*	Mínimo	Máximo
Edad	240	31	5,6	19	45
Gestaciones	240	2	1	1	6
Hemoglobina (g/dL)	240	13,9	1,0	11	16
Hijos vivos	240	1	1	0	5
Abortos	240	0,4	0,7	0	3

* Desviación estándar

TABLA 2. CARACTERÍSTICAS DE LOS NEONATOS A TÉRMINO A 3 400 M DE ALTURA.

Característica	Cantidad	Media	DE*	Mínimo	Máximo
Edad gestacional (sem)	240	39	1,2	37	42
Peso (g)	240	3 240	292,0	2 650	3 940
Talla (cm)	240	49,4	1,5	45	53
Índice ponderal	240	2,7	0,3	1,9	4,1
Perímetro cefálico (cm)	240	34,2	1,5	31	44,4
Perímetro torácico (cm)	240	33,4	1,3	30	36,5
Hematocrito de arteria umbilical (%)	240	48,0	5,5	33	65
Peso de la placenta (g)	240	663,8	105,8	370	1 000
Índice peso fetal/placentario	240	4,9	2,8	3,9	7,2

* Desviación estándar

TABLA 3. MEDIA Y PERCENTILES DE LACTATO Y GLUCOSA EN SANGRE DE ARTERIA UMBILICAL DE LOS NEONATOS A TÉRMINO A 3 400 M DE ALTURA.

Variable	N	Media	DE *	Percentiles					
				2,5	5	10	90	95	97,5
Lactato **	240	4,4	2,2	1,6	1,9	2,2	6,8	8,9	10,9
Glucosa**	240	4,6	1,2	2,8	3,0	3,3	6,2	6,7	7,8

* Desviación estándar ** mmol/L



FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN DE LA FRECUENCIA DE GLUCOSA (MMOL/L) EN LA ARTERIA UMBILICAL DE NEONATOS A TÉRMINO A 3 400 M DE ALTURA. DISTRIBUCIÓN NORMAL (-).

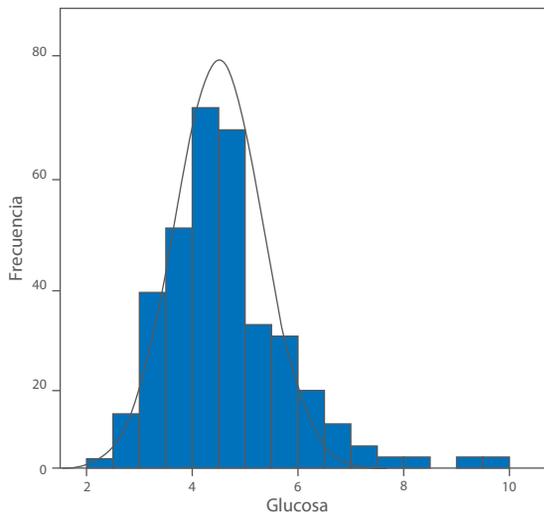
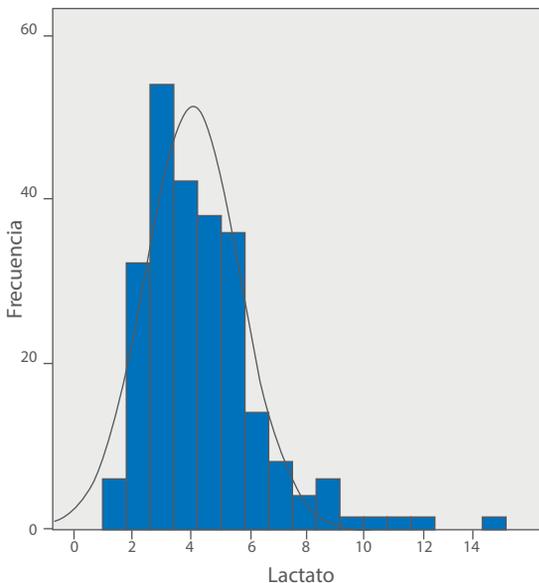


FIGURA 2. DISTRIBUCIÓN DE LA FRECUENCIA DEL LACTATO (MMOL/L) EN LA ARTERIA UMBILICAL DE NEONATOS A TÉRMINO A 3 400 M DE ALTURA. DISTRIBUCIÓN NORMAL (-).



estrecha relación con un nivel ligeramente alto de lactato (4,4 mmol/L) en sangre de arteria umbilical. Esto es debido al incremento en el metabolismo anaerobio, teniendo valores menores a nivel del mar (1,87 a 4,23 mmol/L)⁽¹⁹⁻²¹⁾, lo cual es expresión de alcalosis respiratoria y acidosis metabólica compensatoria fetal, característica a este nivel de altura⁽¹⁴⁾.

Por otro lado, la disminución del peso fetal tanto en altura como a nivel del mar tendría relación con la entrega de oxígeno, lo cual apoya la ma-

yor importancia de este más que el contenido de oxígeno arterial. Las poblaciones que tienen mayor tiempo viviendo en altura tienen neonatos más grandes; según Zamudio y col, esta diferencia tendría su origen en la placenta⁽²²⁾. Existe asociación entre la reducción del crecimiento fetal y el consumo de glucosa, debido al incremento en su consumo por parte de la placenta como causa de la disminución del transporte al feto. En la placenta de altura, es posible que el mecanismo conocido como reprogramación metabólica (inhibición activa del metabolismo oxidativo impulsado por la hipoxia) esté combinada con un aumento anaeróbico del uso de la glucosa⁽²²⁾, lo que se relacionaría con los niveles de lactato elevados que hemos hallado.

La actividad metabólica anaerobia hace que el piruvato sea convertido en lactato, con la producción de dos moléculas de ATP. Pero, este es reconvertido en glucosa en menor proporción, puesto que para ello es necesario oxígeno y mayor nivel de energía, lo que podría influir en una menor producción de tejido graso, el cual necesita un elevado aporte energético. En los primeros 6 meses de vida intrauterina se deposita poca grasa en el tejido celular subcutáneo fetal. Es así que desde la semana 28 a la 40, el porcentaje de grasa corporal aumenta de 4 a 14%⁽²³⁾. Vaucher y col⁽²⁴⁾ encuentran que en este mismo intervalo de tiempo el grosor del tejido subcutáneo en la parte media del bíceps y el tríceps y el abdomen (a 2 cm de la inserción umbilical) aumenta de 1 a 3,4 mm, al ascender en altura. Galan y col describen una diferencia en el peso al nacer de neonatos provenientes de madres sin patología de 255 g, entre Denver, Colorado (1 600 m sobre el nivel del mar) y Milán (nivel del mar), a favor del segundo, y explican que esta diferencia es causada principalmente por una reducción del tejido graso subcutáneo fetal y no por el tejido magro. En este mismo contexto, la circunferencia abdominal del feto a 3 400 m sobre el nivel del mar en el Perú muestra ser menor al descrito para ciudades de nivel del mar, como Londres^(4,5).

El nivel del pH de sangre de la arteria umbilical de fetos a término a 3 400 m de altura es 7,31, el cual es mayor a los valores descritos para nivel de mar⁽¹⁶⁾ y traduce un estado menos ácido. Esto es semejante a los fetos pretérmino de nivel del mar y mostraría un mejor intercambio gaseoso por parte de la placenta, ya que existe una desviación de la curva de disociación del oxígeno.



no de la hemoglobina hacia la izquierda, lo que permitiría una mayor producción de energía, a través de la formación de mayor número de moléculas de ATP. Consecuentemente hay mayor formación de grasa fetal, lo cual se traducirá en un mayor peso al nacer, como se observa en los neonatos a 3 400 m sobre el nivel del mar provenientes de hospitales de EsSalud⁽³⁾.

La glucosa materna atraviesa la placenta por difusión facilitada, para llegar al feto, por lo que hay alta correlación entre las concentraciones de glucosa plasmática materna y fetal⁽¹⁰⁾. En altura, las mujeres no gestantes tienen valores menores que a nivel del mar⁽²⁵⁾, donde la glucosa disminuye aproximadamente en 10 a 15% durante la gestación y se mantiene así hasta el final⁽²⁶⁾. Las probables causas de ello son la hemodilución en el embarazo temprano y el aumento de la secreción de insulina, a lo cual se suma la posibilidad de que haya una disminución en la producción de glucosa. En nativos de altura, la glucosa en ayunas es menor marginalmente durante el primer trimestre, pero continúa el descenso a través del embarazo hasta el final, cuando es 10% menor al valor de la no gestante. La falla en la disminución de la glucosa en ayunas en el embarazo temprano podría ser consecuencia de una falla o retraso en la hemodilución en la gestación⁽²⁷⁾, así como problemas en la función de las células beta del páncreas. Zamudio y col encontraron que en la gestante de altura hay una menor hemodilución considerable que en la mujer del nivel del mar⁽²⁸⁾. Es así, que Krampfl y col⁽²⁷⁾, estudiando mujeres provenientes del Ministerio de Salud a 4 340 m sobre el nivel del mar, describieron un valor promedio de glucosa en ayunas en sangre venosa de las gestantes de 4,45 mmol/L y 4,93 mmol/L en las mujeres sin gestación; y, a nivel del mar (Lima), hallaron en la gestante 4,66 mmol/L y en la no gestante 5,21 mmol/L.

En el hospital del Ministerio de Salud de Huacho, a nivel del mar, Palacios⁽²⁹⁾ describe para neonatos con Ápgar mayor de 7 un nivel de glucosa en sangre de arteria umbilical de 3,8 mmol/L, el cual es menor al descrito en Estados Unidos (4,3 mmol/L) al mismo nivel de altura⁽³⁰⁾ y al valor que hallamos a 3 400 m de altura. Este hallazgo podría relacionarse con una menor ingesta calórica, debido a menores condiciones socioeconómicas, que es característica de las gestantes provenientes de la población del Ministerio de Salud, que muestran menores pesos de sus hijos

al nacer en relación a los neonatos provenientes de EsSalud^(3,6).

En conclusión, a 3 400 m sobre el nivel del mar, en una población socioeconómicamente intermedia, el valor promedio de lactato y glucosa en sangre de arteria umbilical de neonatos a término y adecuados para la edad gestacional fue 4,4 y 4,6 mmol/L, respectivamente, y estos resultados podrían ser parte de los mecanismos de adaptación a la altura que permitiría a este tipo de neonatos tener un mejor peso. Es necesario realizar mayores estudios para probar esta afirmación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mortola JP, Frappell PB, Agüero L, Armstrong. Birth weight and altitude: a study in Peruvian communities. *J Pediatr*. 2000;136:324-9.
2. Giussiani DA, Salinas CA, Villena M, Blanco CE. The role of oxygen in prenatal growth: Studies in chick embryo. *J Physiol*. 2007;585(3):911-7.
3. Villamonte W, Jerí M, Lajo L, Monteagudo Y, Diez G. Peso al nacer en recién nacidos a término en diferentes niveles de altura en el Perú. *Rev peru ginecol obstet*. 2011;57:144-51.
4. Villamonte W, Jerí M. Crecimiento fetal y peso al nacer en la altura [carta]. *Rev peru med exp salud publica*. 2013;30(1):153-4.
5. Villamonte W, Jerí M, De la Torre C. Biometría fetal de 13 a 41 semanas a 3400 msnm y su comparación con otros niveles de altura. *Acta Med Per*. 2013;30(1):14-25.
6. Villamonte W, Malaver J, Salinas R, Quispe E, Laurent A, Jerí M y col. Factores de los padres condicionantes del peso al nacer en recién nacidos a término a 3400 msnm. *Rev peru ginecol obstet*. 2011;157:153-63.
7. Galan HL, Rigano S, Radaelli T, Cetin I, Bozzo M, Chyu J, Hobbins JC, Ferrazzi E. Reduction of subcutaneous mass but not lean mass, in normal fetuses in Denver, Colorado. *Am J Obstet Gynecol*. 2001;185:839-44.
8. Ross M, Ervin MG, Novack D. Placental and fetal physiology. En: Gabbe SG, Niebyl JR, Simpson JL, Landon MB, Galan HL, Jauniaux ER, et al, editors. *Normal and Problem Pregnancies*. 6th ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2012: 23-41.
9. Hauguel S, Challier JC, Cedard L, Olive G. Metabolism of the human placenta perfused in vitro: glucose transfer and uti-



- lization, O₂ consumption, lactate and ammonia production. *Pediatr Res.* 1983 Sep;17(9):729-32.
10. Economides DL, Proudler A, Nicolaidis KH. Plasma insulin in appropriate-and small-for-gestational-age fetuses. *Am J Obstet Gynecol.* 1989 May;160(5 Pt 1):1091-4.
 11. Economides DL, Nicolaidis KH. Blood glucose and oxygen tension levels in small-for-gestational-age fetuses. *Am J Obstet Gynecol.* 1989 Feb;160(2):385-9.
 12. Salvesen DR, Brudenell JM, Proudler AJ, Crook D, Nicolaidis KH. Fetal pancreatic beta-cell function in pregnancies complicated by maternal diabetes: relationship to fetal acidemia and macrosomia. *Am J Obstet Gynecol.* 1993;168:1363-69.
 13. Blickstein I, Green T. Umbilical cord blood gases. *Clin Perinatol.* 2007 Sep;34(3):451-9.
 14. Villamonte W, Escalante D, Yabar J, Jerí M, Peralta P, Ochoa R. Gases en sangre de arteria umbilical de neonatos a término en altura. *Rev peru med exp salud publica.* 2014;31(1):84-7.
 15. Yancey, Moore J, Brady K, Milligan D, Strampel W. The effect of altitude on umbilical cord blood gases. *Obstet Gynecol.* 1992;79:571-4.
 16. Instituto Nacional de Estadística e Informática [Internet]. Lima, Perú: Densidad poblacional y altitud, según provincia, 2012 [Citado 30 de Octubre del 2012] Disponible en <http://www.inei.gob.pe/>
 17. Krampfl E. Pregnancy at high altitude. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2002;19:535-9.
 18. Villamonte-Calanche W, Jerí-Palomino ME. Valores normales de peso al nacer a 3400 m de altura. *Rev peru ginecol obstet.* 2011;57:139-43.
 19. Carbajal-Ugarte JA, Pastrana-Huanaco E, Cerna-Cruz L, Salas-Ayala L. Lactato sérico del binomio madre-hijo (recién nacido) según el riesgo obstétrico de mujeres en trabajo de parto. *Rev Mex Pediatr.* 2003;70(2):73-6.
 20. Aragon-Charris J, Reyna-Villasmil E, Mejía-Montilla J, Torres-Cépeda D, Santos-Bolivar J, Reyna-Villasmil N. Lactato en sangre de cordón umbilical y estado metabólico en recién nacidos con sufrimiento fetal intraparto. *Prog Obstet Ginecol.* 2013.<http://dx.doi.org/10.1016/j.pog.2013.02.001>
 21. Westgren M, Divon M, Horal M, Ingemarsson I, Kublickas M, Shimojo N, Nordström L. Routine measurements of umbilical artery lactate levels in the prediction of perinatal outcome. *Am J Obstet Gynecol.* 1995 Nov;173(5):1416-22.
 22. Zamudio S, Postigo L, Illsley NP, Rodríguez C, Heredia G, et al. Maternal oxygen delivery is not related to altitude -and ancestry-associated differences in human fetal growth. *J Physiol.* 2007;582(Pt 2):883-95.
 23. Ordemar PD. Medición ultrasonográfica de la circunferencia abdominal en la predicción de macrosomía fetal: Instituto Nacional Materno Perinatal, año 2006 [Tesis de Especialidad]. Lima: Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2008.
 24. Vaucher Y, Harrison G, Udall J, Morrow G. Skinfold thickness in North American infants 24-41 weeks' gestation. *Hum Biol.* 1984;56:713-31.
 25. Forbes WH. Blood sugar and glucose tolerance at high altitude. *Am J Physiol.* 1936;119:309-16.
 26. Mills JL, Jovanovic L, Knopp R, Aarons J, Conley M, Park E, Lee YJ, Holmes L. Physiological reduction in fasting plasma glucose concentration in the first trimester of normal pregnancy: the diabetes in nearly pregnancy study. *Metabolism.* 1998 Sep;47(9):1140-44.
 27. Krampfl E, Kametas N, Cacho-Zegarra AM, Roden M, Nicolaidis KH. Maternal plasma glucose at high altitude. *Br J Obstet Gynaecol.* 2001 Mar;108(3):254-7.
 28. Zamudio S, Palmer SK, Dahms Te, Berman JC, McCullough RG, et al. Blood volume expansion, preeclampsia and infant birth weight at high altitude. *J Appl Physiol.* 1993;75:1566-73.
 29. Palacios J. Glicemia y acidouricemia en los vasos umbilicales y su relación con el Ápgar del neonato. *Rev peru ginecol obstet.* 2003;49:88-94.
 30. Soni S, Jacobs A, Ogburn P. 230: Effect of labor on glucose concentrations in umbilical veins & arteries. *Am J Obstet Gynecol.* 2013;208 (1 Suppl):S105-S106.