

Artículo Original / Original Article

Propuesta de un modelo difuso para determinar sobrepeso y obesidad en niños y adolescentes

A proposed diffuse model to determine overweight and obesity in children and adolescents

RESUMEN

México se encuentra entre los países con mayor prevalencia de sobrepeso y obesidad entre los niños y adolescentes. Por tanto, surge la necesidad de una técnica económica, rápida, reproducible y de fácil implementación que permita detectar tempranamente en el ámbito escolar el sobrepeso y la obesidad en niños y adolescentes. En este trabajo se presenta una técnica que cumple con esas expectativas basada en un modelo de inferencia difuso con un conjunto de 81 reglas para la clasificación de la composición corporal de 92 niñas y 88 niños entre las edades de 10 y 14 años. Como atributos se tomaron, el peso, el índice de masa corporal, el porcentaje de masa grasa y el porcentaje de peso habitual. Para cada atributo se definieron tres conjuntos difusos, normal, sobrepeso y obeso y para clasificar el valor del atributo se usaron las referencias que más se utilizan en la literatura y por los nutriólogos y pediatras de la zona de estudio. Como resultado de la aplicación del modelo difuso, se obtuvo una precisión promedio de 97,6% con un 4,2% de error para la clasificación corporal de las niñas y de 93,4% con un 4,6% de error para niños. Palabras clave: Antropometría; Composición corporal; Lógica difusa; Obesidad; Perímetros corporales.

ABSTRACT

Mexico is among the countries with the highest prevalence of overweight and obesity among children and adolescents. Therefore, an economical, rapid, reproducible and easy to implement technique that allows early detection in the school environment of overweight and obesity in children and adolescents is need. This paper presents a technique that meets these expectations based on a diffuse inference model with a set of 81 rules for the classification of body composition among 92 girls and 88 boys between the ages of 10 and 14 years. Weight, body mass index, fat mass percentage and the percentage of habitual weight were taken as attributes. For each attribute three diffuse sets were defined: normal, overweight and obese. To classify the value of the attribute, the most used references in the literature and those used by consulted nutritionists and pediatricians were used. As a result of the application of the

Lisset Alva R¹, Julio Laria M^{1*}, Salvador Ibarra M¹, José Castán R¹, Jesús Terán V¹.

1. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería, Centro Universitario Sur, Tampico, Tamaulipas, México.

*Dirigir correspondencia a: Julio Laria M. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería, Centro Universitario Sur, C.P. 89339, Tampico, Tamaulipas, México. E-mail: jlaria@docentes.uat.edu.mx

Este trabajo fue recibido el 27 de mayo de 2019. Aceptado con modificaciones: 16 de diciembre de 2019. Aceptado para ser publicado: 11 de marzo de 2020.

diffuse model, an average accuracy of 97.6% was obtained with a 4.2% error for the corporal classification of girls and 93.4% with a 4.6% error for boys.

Key words: Anthropometry; Body composition; Body perimeters; Fuzzy logic; Obesity.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) la obesidad es una enfermedad producto de la acumulación anormal o excesiva de grasa que viene asociada a factores biológicos, genéticos y ambientales e influenciados por las condiciones socioeconómicas, sexo, edad y etnicidad¹. El sobrepeso es una condición previa al desarrollo de la obesidad y la estrecha vinculación existente

entre ambas es lo que ha propiciado que se aborden de manera conjunta.

En México, la última Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT)² realizada en el año 2016 reportó una prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad para los niños entre 5 y 11 años del 33,2% y en adolescentes de entre 12 y 19 años, del 36,3%. Se reportó, además que, aunque esas cifras no mostraron un incremento significativo comparado con las cifras de la ENSANUT del 2012, siguen siendo altas, situando a México entre los países con mayor prevalencia de sobrepeso y obesidad entre los niños y adolescentes. Sin embargo, a pesar de la implementación de políticas y estrategias de prioridades sanitarias, surge la necesidad de detectar el sobrepeso y la obesidad desde la etapa escolar ya que muchos aspectos de la composición corporal, como el tejido graso y magro son predictivos de las características físicas en la edad adulta³. Para ello se requiere de técnicas de fácil aplicación y de bajo costo que permitan predecir de forma correcta el estado corporal y nutricional de los escolares pero que estén correlacionadas y validadas con los métodos de amplia utilización, pero de compleja aplicación⁴.

La forma más común de determinar si una persona tiene sobrepeso u obesidad es mediante el cálculo del Índice de Masa Corporal (IMC) que consiste en la relación entre el peso de la persona dividido por el cuadrado de su estatura⁵. Hay que tener en cuenta que el IMC puede dar una valoración no precisa del estado corporal de la persona y más aún si es en niños ya que este no cuantifica la adiposidad total, no distingue entre grasa y músculo ni predice la distribución de la grasa corporal por lo que, puede sobreestimar la adiposidad en un niño con aumento de masa muscular o subestimar la adiposidad en un niño sedentario. Es por ello, que se han comenzado a utilizar otros indicadores antropométricos de la obesidad como son los pliegues y los perímetros corporales para estimar el tejido graso total del cuerpo.

Existen diferentes ecuaciones en la literatura para determinar el componente graso total del cuerpo o masa grasa, diseñadas para la población infantil y adolescente, según la edad y el sexo. Entre estas están las que determinan el porcentaje de masa grasa a partir de la densidad corporal total^{6,7} sin utilizar medidas antropométricas, por lo que son poco prácticas para su uso cotidiano. Por otra parte, hay autores que utilizan la suma de pliegues cutáneos para calcular la densidad total corporal^{8,9,10,11,12,13,14} y después el porcentaje de masa grasa, pero estas ecuaciones doblemente indirectas suman los errores del cálculo de la densidad corporal más los errores del cálculo de masa grasa siendo, por tanto, muy imprecisas.

El error que se obtiene en las mediciones de los perímetros corporales es menor que el de las mediciones de los pliegues, es por eso que se han utilizado los perímetros corporales de cadera, cintura, brazo y muslo, así como el peso y la estatura para calcular el porcentaje de masa grasa en niños y niñas lo que resulta eficaz y de fácil aplicación¹⁵. Además, hacen una validación estadística del método propuesto, utilizando

como referencias ecuaciones expuestas anteriormente^{9,16,17} donde utilizan la densidad corporal y los pliegues, para el cálculo del porcentaje de masa grasa.

Por otra parte, en la última década se han comenzado a utilizar técnicas de inteligencia artificial para clasificar el estado corporal de los niños y adultos. Se presenta un estudio¹⁸ donde utilizan un modelo neuro-difuso ANFIS (Artificial Neural Network Fuzzy Interference System) para la clasificación de adultos utilizando como entrada el IMC, la masa grasa y la longitud de la circunferencia de la cintura.

También, se ha utilizado la lógica difusa tomando atributos el IMC y la actividad física para determinar el estado corporal de niños entre 4 y 6 años y proponen agrupar a los niños por edad ya que los atributos para predecir la obesidad cambian con la edad¹⁹. Otros autores²⁰, han propuesto un modelo novel difuso para la clasificación de niños y niñas entre 6 y 17 años, donde utilizaron como atributos los percentiles de peso, la altura y el porcentaje de grasa corporal y obtuvieron un 83,7% de exactitud para niños y 76,1% para niñas.

Por tanto, es evidente que las técnicas de inteligencia artificial constituyen una herramienta efectiva para la evaluación nutricional de niños y adolescentes siempre y cuando se seleccionen los atributos que representen eficazmente la composición corporal de estos.

Tomando como base todo lo anteriormente expuesto y con el objetivo de contar con un método económico, rápido, reproducible y de fácil implementación tanto en el ámbito escolar como clínico e investigativo, y que permita detectar tempranamente la obesidad en niños y adolescentes, el presente trabajo propone un método para determinar el sobrepeso y la obesidad en niños y adolescentes utilizando un sistema de inferencia difuso con 81 reglas y como atributos el índice de masa corporal (IMC), el porcentaje de masa grasa (MG), el porcentaje de peso habitual (PI) y el peso (P).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudiaron un total de 92 niñas y 88 niños de dos escuelas federales de la ciudad de Tampico, estado de Tamaulipas, México, entre las edades de 10 y 14 años. Para el estudio se obtuvieron por escrito el consentimiento de los padres y/o tutor legal, así como el consentimiento voluntario de los niños. A cada uno de ellos se le midió el peso (P), la estatura (T) y los perímetros corporales de cintura (Pci), cadera (Pca) y brazo (Pbr) de los niños y de muslo (Pmu) para el caso de las niñas.

La medición del peso se realizó con una báscula digital Omron modelo HBF-14 con una resolución de 0,1 kg y ubicada sobre el piso plano. Los niños se pesaron en ropa interior y sin zapatos. Se tomaron tres mediciones y se promediaron para obtener el resultado final del peso en kg.

La estatura se midió con un estadiómetro de dos metros sobre una superficie plana y contra la pared. Cada niño se situó en el estadiómetro en posición erguida comprobando que los talones, las pantorrillas, la espalda y la cabeza tocaran la pared. Los brazos colgaban libremente a ambos lados del cuerpo. Se realizaron tres mediciones y se promediaron

para obtener el resultado final de la estatura en cm. Los perímetros se midieron utilizando una cinta métrica con 1mm de precisión.

Para la clasificación de la composición corporal en niños y adolescentes se utilizó un modelo de inferencia difuso FIS que utiliza el modelo Mamdani con apoyo de la herramienta fuzzy toolbox de Matlab. Como no se ha podido establecer un atributo específico a partir del cual definir que un niño es obeso, está en sobrepeso o normal²¹, los atributos seleccionados para realizar la predicción y clasificación del sobrepeso y obesidad fueron cuatro, el P, el IMC, el MG y el PI.

El IMC se calculó según la fórmula (1) indicada por la OMS⁵:

$$IMC = P/T^2 \quad (1)$$

Para la determinación del MG utilizamos las ecuaciones¹⁵ siguientes (ec.2, 3, 4, 5), donde se utilizan los perímetros corporales, el peso y la estatura, además, estas han sido satisfactoriamente correlacionadas con las ecuaciones que determinan el MG en base a la densidad corporal⁹ y con la que utilizan los pliegues corporales¹⁷:

$$\text{Para niñas entre 10 y 12 años: } MG = (0,39 * S) + 23,25 \quad (2)$$

$$\text{Para niñas de 13 y 14 años: } MG = (0,62 * S) + 17,56 \quad (3)$$

$$\text{Para niños entre 10 y 12 años: } MG = (0,53 * B) + 20,94 \quad (4)$$

$$\text{Para niñas de 13 y 14 años: } MG = (0,77 * B) + 10,53 \quad (5)$$

Donde:

$$S = (Pca + Pci + Pbr + Pmu/4) * (P/T)$$

$$B = (Pca + Pci + Pbr/3) * (P/T)$$

El P está en unidades de kg, la T en m y todos los perímetros en cm.

El PI se calculó según la fórmula (6).

$$PI = (P/Ph) * 100 \quad (6)$$

Donde, Ph es el peso ideal pero calculado en base a la estatura y la edad del niño según la fórmula (7) de Lorentz²²:

$$Ph = T - 100 - ((T - 50) / 4) + ((E - 20) / k) \quad (7)$$

En la ecuación (7), k toma un valor igual a 2,5 para niñas y 4 para niños; la T está en cm, la edad (E) en años y el P en kg.

Para cada atributo se tomaron tres conjuntos difusos, en este caso, normal, sobrepeso y obeso que están definidos por la función de pertenencia triangular. Para determinar si el valor de un atributo pertenece a uno de los conjuntos difusos, tomamos en cuenta los valores de referencias que se utilizan frecuentemente en la literatura consultada y que son para el caso del IMC los valores de referencia de la OMS²³, para el MG las referencias propuestas por McCarthy²⁴ y para el P las referencias²¹ que utilizan los nutriólogos y pediatras en México. En la tabla 1 se muestran los respectivos valores para los niños y niñas entre 10 y 14 años, obtenidos de dichas referencias. El atributo PI, se define como^{25,26,27} normal si su valor se encuentra entre 90% y 110%, sobrepeso, entre 111% y 120% y obeso por arriba de 121% tanto para niñas como para niños entre las edades de 10 y 14 años.

En la literatura no existen atributos específicos que permitan hacer una clasificación precisa del estado corporal

de los niños y adolescentes. En este trabajo, con el objetivo de poder establecer las salidas del modelo, tomamos como referencia información obtenida de varios pediatras y nutriólogos de la zona de estudio. Para clasificar el estado corporal de los niños, estos especialistas consideraron el historial clínico de los infantes, el comportamiento de sus parámetros antropométricos y la composición de la dieta. En base a esto, se generó un conjunto de 81 reglas de inferencia en donde se tuvieron en cuenta todas las posibles combinaciones de los cuatro atributos y de cada uno de sus tres conjuntos difusos, o sea, normal, sobrepeso y obeso.

De la población de estudio de 92 niñas y 88 niños entre 10 y 14 años, utilizamos un total de 55 niñas y 60 niños para definir las salidas de las 81 reglas y el resto, 37 niñas y 28 niños, para la comprobación final del modelo desarrollado.

RESULTADOS

En la tabla 2 se muestran los resultados promedios obtenidos de las mediciones de los parámetros antropométricos, así como de los atributos calculados de las 10, 13, 11, 10, 11 niñas de 10, 11, 12, 13 y 14 años respectivamente así como de los 12, 12, 11, 13, y 11 niños de 10, 11, 12, 13, y 14 años respectivamente. Se calcularon también las desviaciones estándares respectivas, pero no se muestran.

En la tabla 3 se muestran las clasificaciones para los valores de los atributos obtenidos según las referencias utilizadas. Los valores de IMC para las niñas y niños de 10, 11, 12 y 13 años, están en el mínimo del rango de sobrepeso según las referencias de la tabla 1 y las niñas y niños de 14 años están dentro del intervalo de normal. Estos valores de IMC obtenidos tienen relación con los valores de P los cuales, referenciándolos con los intervalos de la tabla 1 para este atributo, todos están dentro del intervalo de sobrepeso.

Por otra parte, los valores obtenidos de MG para las niñas de todos los grupos de edades corresponden con el intervalo normal de las referencias utilizadas (Tabla 1) y para el caso de los niños de 10, 11 y 12 años corresponde con el intervalo de sobrepeso y los de 13 y 14 años con el intervalo de obeso.

Los valores obtenidos para el PI, tanto en niñas y niños, se encuentran en el intervalo de normal, según la referencia utilizada.

Con relación a los valores de los perímetros medidos, en la tabla 2 se puede observar, que los valores de los perímetros de cadera y brazo de las niñas son superiores a los valores de los mismos perímetros medidos en los niños. Sin embargo, los perímetros de cintura de los niños son superiores a los perímetros de cintura de las niñas.

En la tabla 3 se muestran también los resultados de clasificación obtenidos con el modelo difuso al introducir los valores de los atributos mostrados en la tabla 2 para los promedios de las 55 niñas y 60 niños, según edad. Se observa que para el caso de las niñas entre 10 y 13 años el modelo nos da sobrepeso y las de 14 años su estado corporal es normal. Para el caso de los niños entre 10 y 13 años el modelo nos da obeso y los de 14 años, sobrepeso.

Tabla 1. Referencias para cada atributo según sexo y edad de los niños.

Atributo	Sexo	Edad	Normal		Sobrepeso		Obeso	
			min	max	min	max	min	max
IMC (kg/m ²)	Niñas	10	13,5	19,0	19,1	22,6	22,7	30,0
		11	13,9	19,9	20,0	23,7	23,8	30,0
		12	14,4	20,8	20,9	25,0	25,1	30,0
		13	14,9	21,8	21,9	26,2	26,3	30,0
		14	15,4	22,7	22,8	27,3	27,4	30,0
	Niños	10	13,7	18,5	18,6	21,4	21,5	30,0
		11	14,1	19,2	19,3	22,5	22,6	30,0
		12	14,5	19,9	20,0	23,6	23,7	30,0
		13	14,9	20,8	20,9	24,8	24,9	30,0
		14	15,5	21,8	21,9	25,9	26,0	30,0
MG (%)	Niñas	10	16,1	32,2	32,3	35,2	35,3	40,0
		11	16,3	33,1	33,2	36,0	36,1	40,0
		12	16,4	33,5	33,6	36,3	36,4	40,0
		13	16,4	33,8	33,9	36,5	36,6	40,0
		14	16,3	34,0	34,1	36,7	36,8	40,0
	Niños	10	12,8	27,9	28,0	31,8	31,9	40,0
		11	12,6	28,5	28,6	32,6	32,7	40,0
		12	12,3	28,2	28,3	32,4	32,5	40,0
		13	11,6	27,5	27,6	31,3	31,4	40,0
		14	11,1	26,4	26,5	30,0	30,1	40,0
PI (kg)	Niñas	10	27,5	34,0	34,1	40,0	40,1	50,0
		11	31,0	37,5	37,6	46,0	46,1	56,0
		12	35,0	42,5	42,6	52,5	52,5	62,0
		13	37,5	47,5	47,6	60,0	60,1	70,0
		14	42,5	52,5	52,6	67,5	67,5	78,0
	Niños	10	27,5	34,0	34,1	40,0	40,1	50,0
		11	31,0	37,5	37,6	46,0	46,1	56,0
		12	35,0	42,5	42,6	52,5	52,5	62,0
		13	37,5	47,5	47,6	60,0	60,1	70,0
		14	42,5	52,5	52,6	67,5	67,5	77,0

Tabla 2. Promedio de las mediciones de los parámetros antropométricos, así como de los atributos obtenidos para las 55 niñas y 60 niños.

Sexo	E (años)	n	P (kg)	T (cm)	Perímetros				Atributos		
					Pci (cm)	Pca (cm)	Pbr (cm)	Pmu (cm)	IMC (kg/m ²)	MG (%)	PI (%)
Niña	10	10	39,8	140	67,7	79,4	28,7	23,0	20,3	28,7	99,6
	11	13	42,1	145	68,0	83,6	26,7	46,7	20,0	29,6	96,9
	12	11	50,5	152	70,0	87,0	25,0	50,4	21,9	30,8	105,3
	13	10	53,1	154	72,6	91,9	24,6	55,5	22,4	31,5	107,1
	14	11	55,5	157	75,0	92,5	34,6	44,7	22,5	31,8	107,1
Niño	10	12	38,2	139	65,2	76,7	22,0	--	19,8	29,1	97,4
	11	12	43,4	142	68,6	80,7	22,9	--	21,5	30,1	104,0
	12	11	50,1	150	71,4	83,9	24,6	--	22,3	31,1	104,3
	13	13	54,3	157	73,9	85,2	25,9	--	22,0	31,6	101,5
	14	11	57,4	162	76,0	86,5	26,0	--	21,9	31,9	99,9

Tabla 3. Clasificación de los valores de los atributos obtenidos según los intervalos de referencia utilizados y el resultado de salida del modelo difuso.

Sexo	E* (años)	Atributos				Salida del modelo
		P (kg)	IMC (kg/m ²)	MG (%)	PI (%)	
Niñas	10	S**	S	N***	N	S
	11	S	S	N	N	S
	12	S	S	N	N	S
	13	S	S	N	N	S
	14	S	N	N	N	N
Niños	10	S	S	S	N	O
	11	S	S	S	N	O
	12	S	S	S	N	O
	13	S	S	O****	N	O
	14	S	N	O	N	S

*Edad; **Sobrepeso; ***Normal; ****Obeso.

DISCUSIÓN

El IMC sigue siendo el indicador que más se utiliza para diagnosticar la composición corporal de niños y adolescentes. Sin embargo, como este índice no discrimina las diferencias existentes entre la masa grasa, la masa muscular y la ósea, y las variaciones que ocurren en la composición corporal en la etapa de la adolescencia lo hace insuficiente para dar un diagnóstico confiable. Los resultados del presente estudio muestran que tanto para las niñas y niños entre 10 y 13 años el IMC está en el rango de sobrepeso influenciado por el valor de los pesos los cuales están en el rango de sobrepeso según las tablas de referencias utilizadas.

Se ha publicado^{28,29} que la masa grasa que recubre las extremidades en niñas y niños es mayor que la que recubre el tronco, pero durante la pubertad las niñas tienden a aumentar la masa grasa en los hombros, caderas, muslos y nalgas y los niños tienden a perder la masa grasa de las extremidades y aumentarla en el tronco. Similar a lo que se observa en nuestros resultados, los valores de los perímetros de cadera de las niñas son mayor que el de los niños y los valores de los perímetros de cintura de los niños es mayor que los de las niñas.

Por otra parte, si promediamos los valores de MG para las niñas obtenemos un resultado del 30,5% y para los niños del 30,8%. Estos valores se asemejan a los reportados en Chile¹⁵ que son de 30% para niñas y de 28% para niños, los reportados en España²⁸ que son de 25% para niñas y de 30% para niños y los reportados para Colombia³⁰ que son de 32% para niñas y 25% para niños. La diferencia se debe a las referencias que se utilizan para clasificar la composición corporal de los niños y adolescentes pues son diferentes en diferentes países.

En el trabajo propusimos el uso del atributo peso habitual (PI). En su fórmula (6) va incluido el cálculo del peso ideal (Ph) (7) propuesto por Lorentz, por ser una de las más utilizadas en la actualidad, pues incluye la edad y estatura del niño. Los resultados muestran que las clasificaciones obtenidas por el modelo propuesto, para los valores calculados del atributo PI, están en el rango de normal. Entendemos que este resultado no es congruente con las clasificaciones obtenidas de sobrepeso para el atributo P. Creemos que este resultado es debido a que las referencias utilizadas para la clasificación del atributo PI son muy generales y por tanto no son las más idóneas para el rango de edades que se estudiaron. En este caso se debería utilizar una clasificación más detallada por rangos de edades y género.

No obstante, al utilizar en el presente estudio, un modelo difuso para la clasificación de la composición corporal de niños y niñas tomando como atributos el P, el IMC, el MG y el PI y un sistema de 81 reglas de inferencias, las cuales permiten de alguna forma representar el razonamiento humano aproximado, los resultados obtenidos muestran que el modelo permite una clasificación más efectiva ya que clasifica las niñas entre 10 y 13 años en sobrepeso a pesar de que el MG de estas está en el intervalo normal

y las de 14 como normal. Los niños entre 10 y 13 años, el modelo los clasifica como obesos y a los de 14 años como sobrepeso, coincidiendo en un 100% con las clasificaciones de los nutriólogos y pediatras consultados.

Por otra parte, con el objetivo de comprobar la efectividad del modelo difuso desarrollado, se compararon los resultados de salida de este, con los resultados de los análisis de los nutriólogos y pediatras de la zona de estudio, para un total de 37 niñas y 28 niños, cuyos parámetros no fueron utilizados para la definición de las salidas del modelo y obtuvimos una precisión promedio de 97,6% con un 4,2% de error para las niñas y de 93,4% con un 4,6% de error para niños lo que demuestra que los resultados que entrega el modelo desarrollado se aproxima al resultado del razonamiento humano.

CONCLUSIONES

En el trabajo se presenta un modelo de inferencia difuso que permite clasificar en obeso, sobrepeso o normal el estado corporal de las niñas y niños en edades de 10 a 14 años. El modelo utiliza 81 reglas de inferencia y cuatro atributos, el índice de masa corporal (IMC), el porcentaje de masa grasa (MG), el porcentaje de peso habitual (PI) y el peso (P). La clasificación se logró con una precisión promedio de 97,6% ± 4,2% para las niñas y de 93,4% ± 4,6% para niños

BIBLIOGRAFÍA

1. Hesketh K, Wake M, Waters E. *Body mass index and parent reported self-esteem in elementary school children: Evidence for a causal relationship*. *Int J Obes* 2004; 28: 1233-1237.
2. Shamah-Levy T, Cuevas-Nasu L, Gaona-Pineda EB, Gómez-Acosta LM, Morales-Rúan MDC, Hernández-Ávila M, Rivera-Dommarco JÁ. *Overweight and obesity in children and adolescents, 2016 Halfway National Health and Nutrition Survey update*. *Salud Publica Mex* 2018; 60: 244-253.
3. Curilem C, Almagia A, Rodríguez F, Yuing T, Martínez C, Jorquera C, Bahamondes C, Solis P, Cristi C, Bruneau B, Pinto J, Niedmann L. *Evaluation of body composition in children and adolescents: guidelines and recommendations*. *Nutr Hosp* 2016; 33: 734-738.
4. Carrasco V, Martínez C, Silva H, Collipal E, Campos C, Silva T. *Prevalence of obesity in a sample of school children from municipalized school in the IX region of Chile 2008-2009*. *Int J Morphol* 2011; 29: 830-834.
5. *Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic. Report of a WHO Consultation (WHO Technical Report Series 894)*. Geneva 2000; pp:252.
6. Lohman T, Slaughter M, Boileau R, Bunt J, Lussier L. *Bone mineral measurements and their relation to body density in children, youth and adults*. *Hum Biol* 1984; 56: 667-679.
7. Weststrate J, Deurenberg P. *Body composition in children: proposal for a method for calculating body fat percentage from total body density or skinfold-thickness measurements*. *Am J Clin Nutr* 1989; 50: 1104-1115.
8. Brook C. *Determination of body composition of children from skinfold measurements*. *Arch Dis Chil* 1971; 46: 182-184.
9. Durnin J, Womersley J. *Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on*

- 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr* 1974; 32: 77-97.
10. Durnin J, Rahaman M. The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skin fold thickness. *Br J Nutr* 1967; 21: 681-690.
 11. Johnston J, Leong M, Checkland E, Zuberbuhler P, Conger P, Quinney H. Body fat assessed from body density and estimated from skinfold thickness in normal children and children with cystic fibrosis. *Am J Clin Nutr* 1988; 48: 1362-1366.
 12. Deurenberg P, Pieters J, Hautvast J. The assessment of the body fat percentage by skinfold thickness measurements in childhood and young adolescence. *Br J Nutr* 1990; 63: 293-303.
 13. Sarria A, Garcia L, Moreno L, Fleta J, Morello M, Bueno M. Skinfold thickness measurements are better predictors of body fat percentage than body mass index in male Spanish children and adolescents. *Eur J Clin Nutr* 1998; 52: 573-576.
 14. Wilmore J, Behnke A. An anthropometric estimation of body density and lean body weight in young women. *Am J Clin Nutr* 1970; 23: 267-274.
 15. Diaz J, Espinoza O. Determination of the percentage of fat mass, measurements of body parameters, weight and size: A validation study. *Int J Morphol* 2012; 30: 1604-1610.
 16. Parizkova J, Merhautova J, Prokopec M. Comparison between the growth of young Tunisians and that of young Czechs aged 11 to 12. *Biom Hum* 1972; 7: 1-10.
 17. Slaughter M, Lohman T, Boileau R, Horswill C, Stillman R, Van Loan M, Bembien D. Skinfold equation for estimation of body fatness in children and youth. *Human Biol* 1988; 60: 709-723.
 18. Umoh U, Isong E. Design methodology of fuzzy expert system for the diagnosis and control of obesity. *Comp Eng Int Sys* 2015; 6: 12-32.
 19. Khanna M, Srinath N, Mendiratta J. The study of obesity in children. *International J Inno Tech Res* 2015; 3: 1833-1836.
 20. Suca C, Córdova A, Condori A, Cayra J. Diffuse model for prediction of obesity cases using the generalized GFID3 tree. *Res Comp Sci* 2016; 113: 9-22.
 21. Palafox M. *Manual of formulas and tables for nutritional intervention*. Mc Graw Hill, 2da Edición, Mexico, 2012.
 22. Weststrate J, Deurenberg P. Body composition in children: proposal for a method for calculating body fat percentage from total body density or skinfold-thickness measurements. *Am J Clin Nutr* 1989; 50: 1104-1115.
 23. WHO Working Group on Infant Growth. An evaluation of infant growth: the use and interpretation of anthropometry in infants. *Bull World Health Organ* 1995; 73: 165-74.
 24. McCarthy HD, Cole TJ, Fry T, Jebb SA, et al. Body fat reference curves for children. *Int J Obes* 2006; 30: 598-602.
 25. Manzano J, Nieto M, Sánchez M. Most suitable anthropometric parameters to assess the nutritional status of patients with chronic renal failure, treated with hemodialysis in peripheral centers. *Rev Soc Esp Enferm Nefrol* 2003; 3: 6-15.
 26. K/DOQI nutrition in chronic renal failure. Methods for improving anthropometry and calculating body measurements and reference tables. Apéndice VIII. Junio 2000.
 27. Alastrué A, Sitges A, Jaurrieta E, Puig P, Abad J, Sitges A. Anthropometric assessment of nutritional status: norms and criteria of malnutrition and obesity, *Med Clí (Barcelona)* 1983; 80: 691-699.
 28. Moreno L, Mesana M, González M, Gil C, Fleta J, Wärnberg J, Ruiz J. Anthropometric body fat composition reference values in Spanish adolescents. The AVENA Study. *Eur J Clin Nutr*. 2006; 60: 191-196.
 29. Hoyo M, Sañudo B. Body composition and physical activity like health Body composition and physical activity like health parameters in childrens in a rural Sevillian population. *Rev Int Cienc Deporte* 2007; III: 52-62.
 30. Alzate D, Ramos S, Melo L. Adipose tissue in schoolchildren between 7 and 18 years old. *Promocion Salud* 2011; 16: 85-96.