

Control de calidad en nutrición parenteral pediátrica

Alumna: Marina M^a González de Bringas
Tutores: Carmen Fraile Clemente
Carlos Díaz Romero

Trabajo de Fin de Grado
Convocatoria de Junio
Curso 2016/17

Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica
Área de Nutrición y Bromatología
Sección de Farmacia
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad de La Laguna

ÍNDICE

Abstract	3
Resumen	4
I. Introducción	5
I.1 <i>Nutrición parenteral</i>	5
I.2 <i>Nutrición parenteral pediátrica</i>	5
I.3 <i>Composición de fórmulas usadas</i>	6
I.4 <i>Refractometría</i>	8
II. Objetivos	8
III. Desarrollo experimental	8
III.1 <i>Fórmula de nutrición parenteral para el primer día</i>	8
III.2 <i>Material y método utilizado</i>	9
IV. Resultados y discusión	9
IV.1 <i>Optimización del método refractométrico para medir concentraciones de glucosa y aminoácido</i>	9
IV.1.1 <i>Construcción de curvas de calibrado</i>	9
IV.1.2 <i>Interferencias de las emulsiones lipídicas en la medida refractométrica</i>	12
IV.2 <i>Aplicación a muestras reales de NP de primer día</i>	13
IV.2.1 <i>Determinación de glucosa</i>	13
IV.2.2 <i>Determinación de aminoácidos</i>	14
V. Conclusiones	16
VI. Bibliografía	17

ABSTRACT

Control of the nutritional composition of parenteral nutrition (NP) formulas in pediatrics, and particularly in the first day in neonates, is especially important. These are patients with very low body weight who are at nutritional risk in which death can occur quickly, and therefore, they have a low tolerance to error. Control of blood glucose and other nutrients in premature patients is of vital importance. The use of refractometry has been proposed as a simple and reliable method for the measurement of glucose concentrations and other components, such as amino acids (aa'), in NP formulas of the first day. Two refractometers were used, the Abbe refractometer and the hand held refractometer, which is simpler and more practical. Equations have been designed to determine the glucose concentration, and that of aa's, from the percentage of total soluble solids of the NP formula of the first day. It was observed that the lipids due to the emulsion that they constitute, interfere in the refractometric measurement, so they were removed from the above-mentioned equations. The results obtained using both refractometers, for both glucose and aa', were very similar, deducing that the proposed method is a valid alternative for the glucemic and aa' control of first day NP formulas. The Abbe refractometer is more accurate and precise, and also provides the value of the refractive index, while the hand refractometer is simpler and more practical, but less accurate and precise. The refractometric method was applied to samples of NP formulas that had no glucose and had a high amount of glucose (23.3 mg / 100 mL) to ensure detection of significant errors. The same was done for aa', determining the value without aa' and a high concentration (5.4 mg / 100 ml) thereof. The values observed in samples without these components gave valid results, very close to zero; while in the samples with high values the results were lower than the analytical values, deducing that, in these cases, it is necessary to previously dilute the NP formulas to improve the accuracy of the determination.

RESUMEN

El control de la composición nutricional de fórmulas de nutrición parenteral (NP) en pediatría, y particularmente en las de primer día en neonatos, es especialmente importante. Se trata de pacientes con muy bajo peso corporal que se encuentran en situación de riesgo nutricional en los que se puede producir la muerte de forma rápida, y por tanto tienen una baja tolerancia al error. Es de vital importancia el control de la glucemia y otros nutrientes como aa' en pacientes prematuros. El uso de la refractometría se ha propuesto como método sencillo y fiable para la medición de concentraciones de glucosa y otros componentes como los aminoácidos (aa'), en fórmulas de NP del primer día. Para ello se utilizaron dos refractómetros, el refractómetro de Abbe y el refractómetro de mano que es más sencillo y práctico. Se han diseñado ecuaciones que permiten determinar la concentración de glucosa, y la de aa' totales a partir del porcentaje de sólidos solubles totales de la fórmula de NP de primer día. Se observó que los lípidos debido a la emulsión que constituyen interfieren en la medida refractométrica, por lo que se eliminaron de las ecuaciones anteriormente indicadas. Los resultados obtenidos utilizando ambos refractómetros, tanto para la glucosa como para los aa', fueron muy parecidos, deduciendo que el método propuesto es una alternativa válida para el control de fórmulas de NP de primer día. El refractómetro de Abbe es más exacto y preciso, y además aporta el valor del índice de refracción, mientras que el refractómetro de mano es más sencillo y práctico, pero menos preciso y exacto. Se aplicó el método refractométrico a muestras de fórmulas de NP que no tenían glucosa y que tenían una cantidad elevada de la misma (23,3mg/100 ml), para asegurar la detección de errores importantes. Se hizo lo mismo para los aa', determinando el valor sin aa' y con una concentración elevada (5,4 mg/100 ml) de los mismos. Los valores observados en muestras sin estos componentes dieron resultados válidos muy próximos a cero; mientras que en las muestras con valores elevados los resultados fueron inferiores a los valores analíticos, deduciéndose que en estos casos es necesario diluir previamente las fórmulas de NP para mejorar la exactitud de la determinación.

I. INTRODUCCIÓN

La nutrición artificial aporta al organismo energía y nutrientes de forma alternativa, o como complemento, a la alimentación oral ordinaria, con el objetivo principal de recuperar y/o mantener el estado nutritivo del paciente. Sus modalidades principales son la nutrición enteral (NE), que consiste en el aporte de fórmulas de composición definida a la vía digestiva a través de una sonda por vía oral, y la nutrición parenteral (NP), que se basa en aportar los nutrientes mediante su infusión en una vía endovenosa [1, 2]. La NE es la técnica de elección en pacientes con ingesta oral inadecuada, reservando la NP para los casos de fracaso o la contraindicación de dicha ingesta. La NE es más fisiológica y sencilla, de menor coste y con complicaciones menos graves [2, 3, 4].

I.1 *NUTRICIÓN PARENTERAL*

La NP consiste en administrar por vía endovenosa todos los macronutrientes y micronutrientes, esenciales en un volumen adecuado para satisfacer las necesidades hídricas y con el objetivo final de mantener el metabolismo y coadyuvar en su proceso de recuperación [5, 6]. Al requerir un acceso directo al canal venoso (periférico o central) tiene una serie de riesgos que hay que minimizar [6]. Su prescripción solo estará indicada cuando el paciente no pueda o no deba ingerir alimentos vía oral [5]. Será siempre una forma de nutrición artificial de segunda elección, salvo en prematuros extremos, por su inmadurez anatómico-funcional, y en otros trastornos intestinales congénitos o adquiridos [7].

No existe una duración preestablecida para el soporte nutricional por esta vía y se deberá suspender cuando la vía oral sea tolerada y el estado nutricional del paciente se estabilice [5].

I.2 *NUTRICIÓN PARENTERAL PEDIATRICA*

Los lactantes prematuros nacen con reservas limitadas de nutrientes. Además, su estado nutricional se ve comprometido como consecuencia de su inmadurez gastrointestinal. Esto supone que las tomas habituales de leche llevarán un tiempo en establecerse y regularizarse. Los lactantes nacidos en torno a 24 semanas completas de gestación tienen $\approx 90\%$ de agua y el resto son proteínas con una virtual ausencia de lípidos (excepto en las estructuras neurales) y cantidades minúsculas de minerales. Las proteínas en los órganos y músculos representan la mayor "reserva" energética potencial, pero si se catabolizan para producir energía perderán sus características funcionales y la vida del neonato correría peligro. El nacimiento de un lactante extremadamente prematuro (< 28 semanas de gestación) se puede considerar como una urgencia nutricional [7].

La mayoría de las unidades en los países desarrollados utilizan la NP de manera rutinaria con < 30 semanas y/o $< 1,25$ kg de peso al nacer. Se deberá satisfacer un aporte energético considerablemente superior ($90 - 110$ kcal/kg/día) a otras edades debido a la necesidad imperiosa de ganar peso [8, 9].

Dentro de la NP pediátrica, se denomina nutrición de 1º día a aquella que se administran a neonatos con peso inferior a 1,5 kg, generalmente prematuros, en los cuales, al tener unas reservas muy limitadas, los neonatólogos han establecido un protocolo estricto para la nutrición en las primeras 24 horas de vida [10, 11].

Se deben ajustar todos los nutrientes esenciales: aa', lípidos, glucosa, nitrógeno, incluyendo vitaminas, minerales y oligoelementos. Existen algunos micronutrientes que no se incluyen en este tipo de fórmulas, como es el caso del magnesio. Esto es debido a que muchos pretérminos son de madres que han padecido preeclampsia durante el embarazo y han sido tratadas con "Sulmetin", cuyo principio activo es el sulfato de magnesio. Dicho compuesto llega al feto atravesando la barrera placentaria y también se excreta en la leche materna [12]. Otro micronutriente que no se añade es el potasio, puesto que la diuresis aun no está establecida en el neonato y no sería segura su administración [11].

I.3 COMPOSICIÓN DE LAS FÓRMULAS USADAS

Para prescribir correctamente una NP en el ámbito de la pediatría, es importante realizar un riguroso cálculo de las necesidades energéticas y de nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de los niños. Este cálculo se realiza de manera individualizada y atendiendo al estado de cada paciente [10].

Aporte de carbohidratos

Se utilizan exclusivamente disoluciones estériles de D-glucosa, las cuales van a ser responsable de gran parte de la osmolaridad de la disolución de la fórmula [5, 10].

Tabla 1: Requerimientos de glucosa en NP según edad [10]

<i>Edad</i>	<i>Dosis inicial mg/kg/minuto g/kg/día</i>	<i>Dosis máxima mg/kg/minuto g/kg/día</i>
RNPT	4-8	11-12
	6-12	16-18
Lactantes y niños hasta 2 años	5-7	11-12
	7-10	16-18
Resto de edades	3-5	8-10
	4-7	10-14

*RNPT: Recién nacido pretérmino

Un exceso de glucosa, hiperglucemia, o por el contrario, un defecto de la misma, hipoglucemia, pueden conducir a estados clínicamente relevantes que deben considerarse en el cuidado del recién nacido que recibe NP. La hipoglucemia puede resultar en un deterioro en el desarrollo neurológico. Por otro lado, una sobredosis de glucosa puede producir diferentes situaciones patológicas tales como [11]:

- Hiperglucemia, la cual producirá retención hídrica y diuresis osmótica.
- Aumento de la producción de CO₂ con incremento del cociente respiratorio y retención hídrica que pueden inducir insuficiencia respiratoria en pacientes con función pulmonar comprometida.
- Esteatosis y alteración de la función hepática.
- Aumento del riesgo de infección.
- Riesgo de edema cerebral.

La glucosa se encuentra en mayor concentración, lo que incrementa la osmolaridad de la fórmula, lo cual incrementa la osmolaridad del suero del individuo [13]. En el recién nacido que recibe NP se debe prestar especial atención al control de la glucemia, puesto que esta población presenta un elevado riesgo de hiper- y hipoglucemia y puede ser más susceptible a enfermedades asociadas a estas condiciones. Además, existen pruebas que sugieren que la hiperglucemia en los lactantes prematuro, especialmente aquellos de bajo peso (<1,5 kg) o muy bajo peso al nacer (<1,0 kg), está relacionada positivamente con la morbilidad y la mortalidad [14].

Aporte proteico

El aporte proteico se lleva a cabo mediante disoluciones de aminoácidos (aa') que contienen de 18-20 aa' [5]. Se intenta conseguir un perfil adecuado de aa' en plasma que, en el recién nacido y lactante, debe ser semejante al perfil observado con leche materna [1]. Se pretende que el balance nitrogenado sea equilibrado para asumir el crecimiento. Las necesidades de aa' cambian en función de la edad y situación fisiopatológica del paciente (Tabla 2) [5].

Tabla 2: Requerimientos proteicos en NP según la edad [5]

<i>Edad</i>	<i>g aa'/kg/día</i>
Prematuro	3-4
Recién nacido (0 años)	1,85
Niño (3 meses – 10 años)	1,47 – 1,09
Adolescente (13 – 14 años)	0,94 – 0,97
Adultos (< 19 años)	0,75

Aporte de lípidos

Los lípidos son una buena fuente de energía con una baja osmolaridad, lo que permite administrar gran cantidad de calorías en poco volumen. Se puede iniciar su administración de forma precoz con unos 2 g/kg/día en el primer día. La emulsión óptima de lípidos debe proporcionar ácidos grasos (AG) esenciales, mantener los niveles de AG poliinsaturados de cadena larga y reducir la peroxidación de los lípidos [5, 9].

Aporte de micronutrientes

Cuando la NP es la única fuente de nutrición, es necesario prestar una cuidadosa atención a los requerimientos de micronutrientes [9].

- Vitaminas. Existen formulaciones comerciales que contienen las cantidades necesarias para cubrir los requerimientos diarios tanto de vitaminas hidrosolubles como liposolubles [5, 8].
- Oligoelementos. Existen preparados comerciales que contiene los oligoelementos necesarios para cubrir los requerimientos de adultos y niños. Incluyen cobre, cinc, cromo, molibdeno, manganeso, flúor, iodo, hierro, cobalto y selenio [5,8].

- Electrolitos. Al igual que el resto, la NP debe incluir las cantidades requeridas de los diferentes electrolitos, tales como sodio, calcio, magnesio, cloruro y fosfato [5].

I.4 REFRACTOMETRÍA

Los refractómetros son instrumentos ópticos de precisión, que miden el índice de refracción (IR), el cual se define como el grado en que la luz se desvía cuando atraviesa la interfase entre dos sustancias de diferentes densidades. El refractómetro se basa en que, al aumentar la concentración de una disolución, se producen incrementos proporcionales del IR [15]. El IR ha sido usado extensamente para determinar concentraciones en mezclas multicomponentes y confirmar la identidad de sustancias en mezclas [16].

II. OBJETIVOS

En este trabajo se pretende establecer un método sencillo y rápido que permita confirmar las concentraciones de glucosa, así como las concentraciones de aa', en las fórmulas de NP de primer día para neonatos, y así prevenir posibles accidentes por cambios de los aportes de estos nutrientes y cambios de osmolaridad en la administración de la NP [17].

III. DESARROLLO EXPERIMENTAL

III.1 FÓRMULA DE NUTRICIÓN PARENTERAL PARA EL PRIMER DÍA

Debido a la importancia que tiene iniciar el aporte de nutrientes inmediatamente después del nacimiento en prematuros, todas las unidades neonatales deben disponer de fórmulas de NP para el primer día o del día 0 [11]. Por lo tanto, estas fórmulas están estandarizadas y deben de contener:

Aminoácidos.....	3,69 g	Cloruros.....	0,02 meq
Lípidos.....	3,07 g	Fosfatos.....	1,68 mmol
Glucosa.....	13,00 g	Zinc.....	0,750 mg
Nitrógeno.....	0,55 g	Selenio.....	0,006 mg
Sodio.....	3,01 meq	Vitaminas.....	8,20 ml
Calcio.....	2,16 meq	Oligoelementos.....	3,00 ml

(Volumen total de 106,81 ml; velocidad de infusión 4,45 ml/h)

Estas nutriciones son elaboradas a partir de unos preparados comerciales [13], que van a aportar dichas sustancias o mezclas de éstas, tales como: Aminoven Infant 10% (45,54 ml), Dextrosa 40% (40,12 ml), Glicerofosfato sódico (1,85 ml), Suplecal, Peditrace (5,80 ml), Cloruro sódico 0,3% (9,87 ml), SMOFlipid 20% (14,81 ml), Vitalipid N Infantil (7,40 ml) y Soluvit N (2,71 ml).

III.2 MATERIAL Y MÉTODO UTILIZADO

Se utilizó material de vidrio general y volumétrico: pipetas, vasos de precipitado, matraces aforados, buretas y jeringuillas para la preparación de disoluciones estándar para la construcción de curvas de calibrado, diluciones de las fórmulas de NP y de los componentes utilizados en su elaboración.

Las medidas se realizaron utilizando dos refractómetros; el refractómetro de Abbe que tiene la ventaja de proporcionar el valor del IR además del porcentaje de sólidos solubles y un refractómetro de mano. Antes de iniciar la medida es importante limpiar y secar cuidadosamente la tapa y el prisma para evitar las posibles interferencias por contaminación. Para realizar la medida se toma una alícuota de la fórmula de NP a analizar mediante una jeringuilla y se coloca una gota de la misma en el prisma de refracción; cuando se cierra la tapa, la muestra se reparte uniformemente entre la tapa y el prisma. A continuación, se observa por el ocular y se ajusta con ayuda de la perilla de compensación de color hasta que se observe una línea clara y definida. La medida se realiza cuando la línea de separación entre ambas zonas, iluminada y oscura, se sitúa en el punto de intersección entre las dos líneas situadas en cruz que se observan en el campo de visión del refractómetro observado mediante el ocular. Se obtendrá así el porcentaje de sólidos disueltos y el IR de la muestra analizada (refractómetro de Abbe).

Usando este método refractométrico, se puede calcular el porcentaje de un componente soluble determinado en una fórmula en la que se encuentran un conjunto de sustancias solubles. Para ello se determina con el refractómetro el porcentaje de sólidos solubles totales y seguidamente se restan los porcentajes de todos los compuestos solubles, exceptuando el compuesto en estudio. En nuestro estudio se han valorado los dos componentes mayoritarios en la fórmula de NP de primer día evaluada, glucosa y aa´.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1 OPTIMIZACIÓN DEL MÉTODO REFRACTOMÉTRICO PARA MEDIR CONCENTRACIONES DE GLUCOSA Y AMINOÁCIDOS

IV.1.1 Construcción de curvas de calibrado

Glucosa.

Se prepararon una serie de diluciones dentro del intervalo 0-14 g/100 ml a partir de una disolución estándar de glucosa al 70%, diluyendo a 100 ml en matraces aforados. Seguidamente, se mide el IR y porcentaje de sólidos solubles utilizando los refractómetros descritos. Se observan correlaciones altamente significativas ($p < 0,0001$) entre el porcentaje de sólidos solubles e IR (refractómetro de Abbe) medidos por refractometría y las concentraciones de glucosa (Figura 1, A y B), lo que indica que el IR y porcentaje de sólidos solubles son parámetros adecuados para medir indirectamente las concentraciones de glucosa.

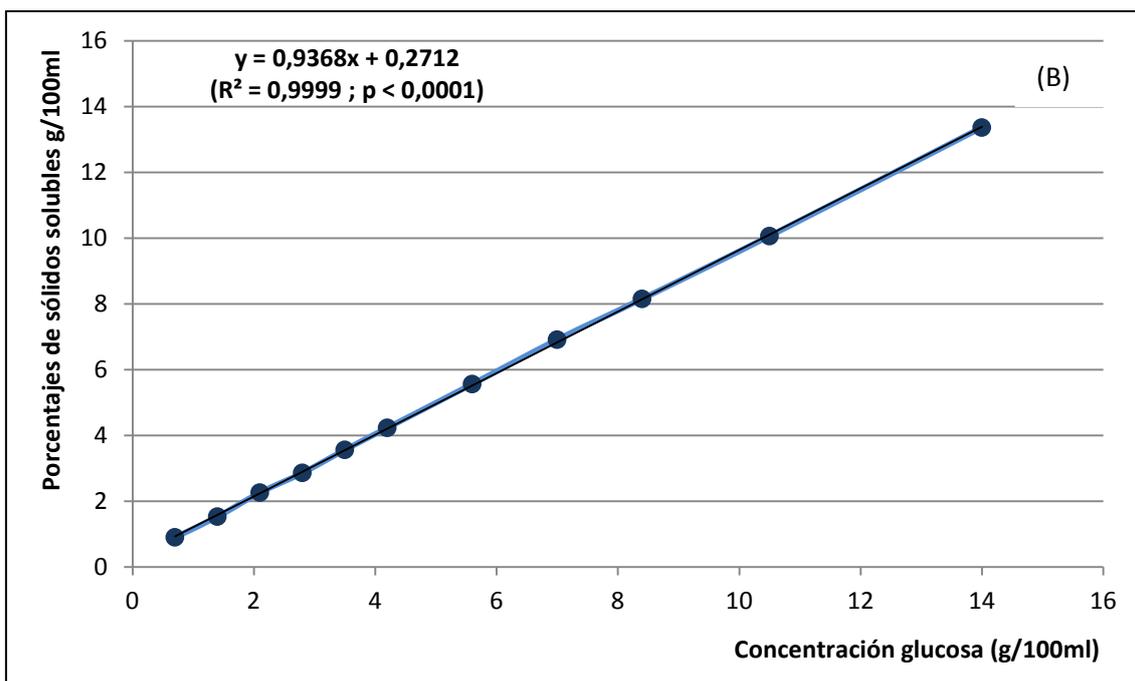
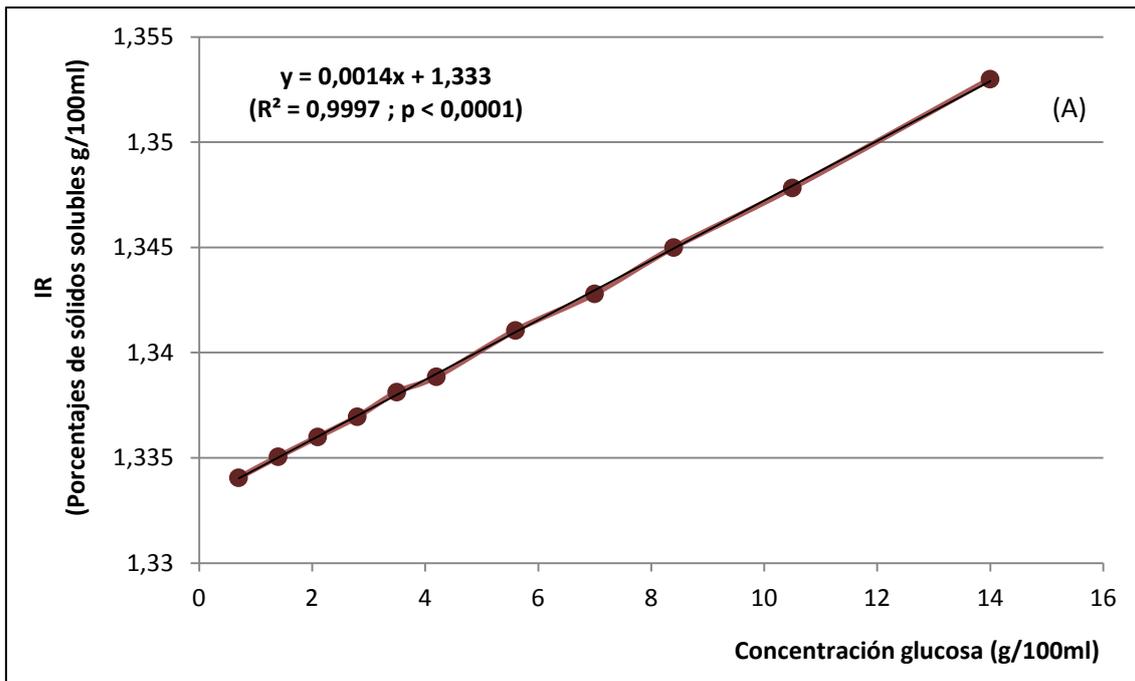


Figura 1: Correlación entre la concentración de glucosa y el índice de refracción obtenido mediante el refractómetro de Abbe (A) y de mano (B)

Aminoácidos.

Para realizar la curva de calibrado de los aa', se tomaron una serie de volúmenes del Aminoven Infant al 10% y se diluyeron hasta 100 ml con agua destilada, obteniendo concentraciones de aa' en el intervalo de 0-10 g/100 ml. A continuación, se midió el porcentaje de sólidos solubles e IR (refractómetro de Abbe) de forma similar a lo que se hizo para la glucosa. También en este

caso, las correlaciones entre el IR y porcentajes de sólidos solubles frente a concentraciones de aa' fueron altamente significativas (Figura 2, A y B), lo que demuestra la utilidad de la refractometría en la determinación de aa'.

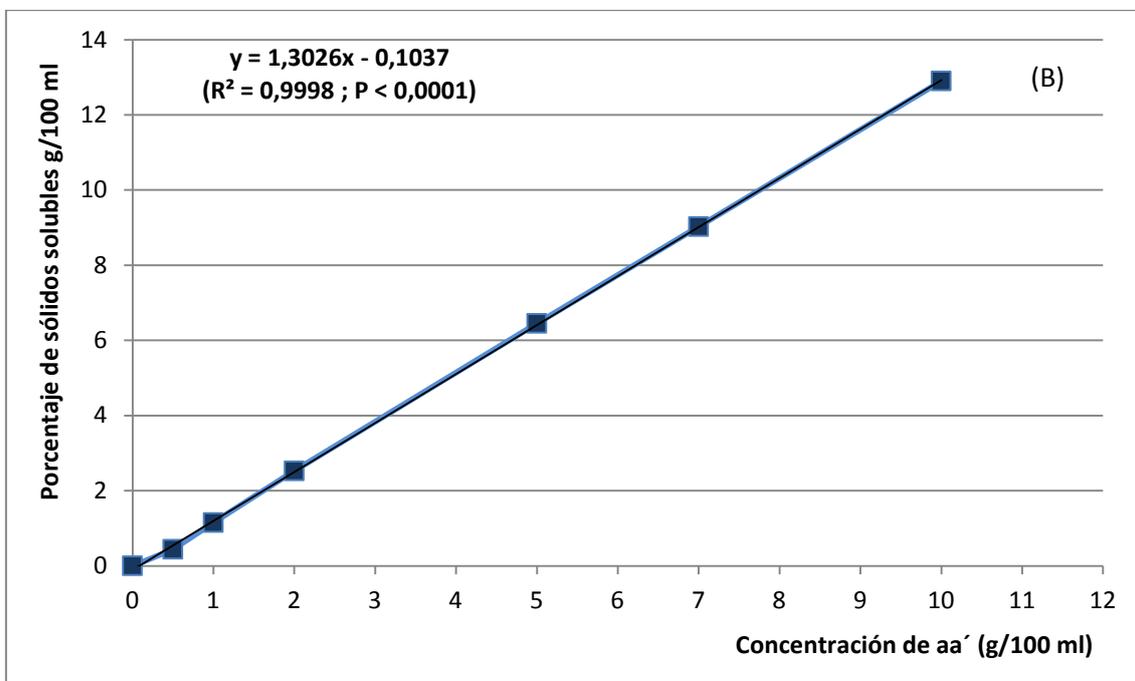
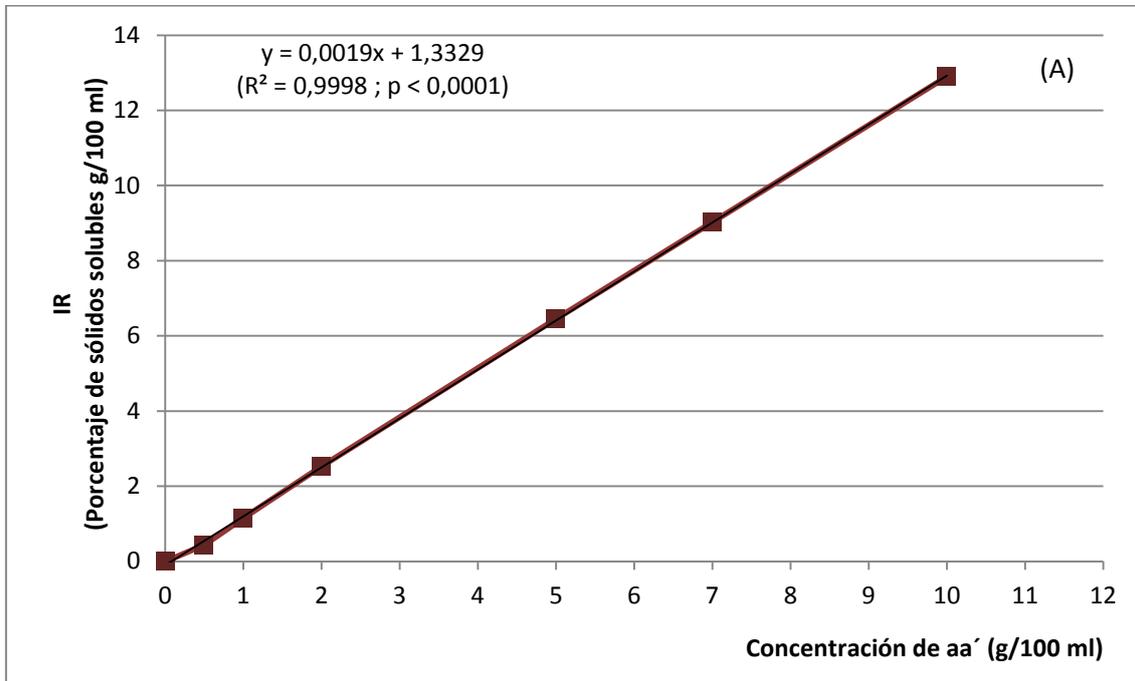


Figura 2: Correlación entre la concentración de aa' y el índice de refracción obtenido mediante el refractómetro de Abbe (A) y de mano (B)

IV.1.2 Interferencia de las emulsiones lipídicas en la medida refractométrica

La medida refractométrica se realiza sin problemas en todos los componentes usados en la elaboración de la fórmula de NP de primer día, excepto en los lípidos (SMOFlipid 20%), donde la línea de separación entre las zonas iluminada y oscura no fue suficientemente clara. Probablemente, la presencia de materia emulsionada interfiere en su medida, coincidiendo con lo señalado por algunos investigadores [18], quienes recomiendan limitar su uso a formulaciones de NP que no contienen emulsiones grasas. Sin embargo, otros autores [17] afirman que se puede usar la refractometría en fórmulas incluyendo todos los componentes.

Para mejorar la medida de estos componentes lipídicos, se preparan diluciones de 1:6, 1:11 y 1:16 en volumen (ml). Se observa que conforme aumenta la dilución mejora la nitidez de la separación entre las zonas clara y oscura. En la Tabla 3 se exponen los porcentajes obtenidos en las diluciones correspondientes, así como los del SMOFlipid 20% original tras el cálculo a partir de los valores obtenidos en las muestras diluidas. Se ven ciertas discrepancias entre los valores obtenidos usando ambos refractómetros, que se acrecientan cuando la dilución es mayor.

Tabla 3: Porcentajes de sólidos solubles en diferentes diluciones de SMOFlipid 20% utilizando los dos refractómetros

Dilución 1:6		Dilución 1:11		Dilución 1:16	
R. Abbe	R. Mano	R. Abbe	R. Mano	R. Abbe	R. Mano
0,5 (3,0)*	0,6 (3,6)*	0,25 (2,75)*	0,35 (3,85)*	0,2 (3,2)*	0,3 (4,8)*
0,5 (3,0)*	0,6 (3,6)*	0,25 (2,75)*	0,35 (3,85)*	0,2 (3,2)*	0,3 (4,8)*
0,5 (3,0)*	0,6 (3,6)*	0,25 (2,75)*	0,35 (3,85)*	0,2 (3,2)*	0,3 (4,8)*

* Cálculo del porcentaje de la fórmula concentrada a partir del dato experimental de sólidos solubles.

Con objeto de conocer la contribución de cada componente sobre el IR de la fórmula, éstos se diluyeron en agua destilada con la misma dilución que la existente en la fórmula (Anexo 1). Utilizando los porcentajes de sólidos solubles obtenidos para cada uno de los componentes diluidos adecuadamente, se puede obtener la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Glucosa calculada} = \% \text{ sólidos solubles totales} - (5,75\% \text{ Aminoven Inf.} + 0\% \text{ Cloruro sódico al } 0,3\% + 0,43\% \text{ Glicerofosfato sódico} + 0,63\% \text{ Suplecal} + 0\% \text{ Peditrace} + 0,13\% \text{ Soluvit} + 0,99\% \text{ Vitalipid N Infantil} + 3,53\% \text{ SMOFlipid } 20\%)$$

Esta ecuación permite calcular, aproximadamente, la concentración real de glucosa a partir del porcentaje de sólidos solubles totales de la fórmula diluida.

Seguidamente, se diluyeron las fórmulas de NP y se calcularon los porcentajes de glucosa aplicando la ecuación descrita. Se calcularon con y sin considerar la contribución del SMOFlipid 20%.

Los valores obtenidos considerando los componentes lipídicos, en ambos refractómetros, fueron inferiores a los reales. Se deduce, por tanto, que los componentes lipídicos (SMOFlipid 20%), al estar emulsionados en su mayoría, podrían estar interfiriendo en la medida del IR

(Tabla 4). Además, la dilución de las formulaciones no sólo no mejora los resultados, sino que supone un paso engorroso y complicado, por lo que se descarta.

Tabla 4: Diluciones de las NP y cálculo respectivo del porcentaje de glucosa con interferencia de componentes lipídicos y porcentaje sin tener en cuenta estos últimos

<i>Dilución 1:6 ml</i>						
NP	<i>Refractómetro de Abbe</i>			<i>Refractómetro de Mano</i>		
	Sólidos solubles fórmula (%)	Glucosa calculada (%)	Glucosa calculada sin lípidos (%)	Sólidos solubles fórmula (%)	Glucosa calculada (%)	Glucosa calculada sin lípidos (%)
12	19,50	8,04	11,57	19,44	7,98	11,51
13	19,64	8,18	11,71	19,20	7,74	11,27
14	19,50	8,04	11,57	19,40	7,94	11,47
<i>Dilución 1:11 ml</i>						
	<i>Refractómetro de Abbe</i>			<i>Refractómetro de Mano</i>		
12	19,57	8,11	11,64	19,43	7,97	11,50
13	19,25	7,79	11,32	19,35	7,89	11,42
14	19,25	7,79	11,32	19,25	7,79	11,32
<i>Dilución 1:16 ml</i>						
	<i>Refractómetro de Abbe</i>			<i>Refractómetro de Mano</i>		
12	19,20	7,74	11,27	19,20	7,74	11,27
13	18,66	7,20	10,73	19,20	7,74	11,27
14	19,20	7,74	11,27	18,40	6,94	10,47

IV.2 APLICACIÓN A MUESTRAS REALES DE NP DE PRIMER DÍA

IV.2.1 Determinación de glucosa

A continuación se aplica la ecuación descrita sin incluir lípidos en fórmulas de NP. Así se logra determinar de forma rápida y sencilla el contenido de glucosa de las fórmulas ya elaboradas. El inconveniente principal es la dificultad en la medida refractométrica ya que hay poca nitidez en el campo de visión. Este método fue aplicado sobre 15 muestras de la fórmula de NP de primer día estudiada (Tabla 5).

Los valores obtenidos utilizando ambos refractómetros se sitúan próximos al valor analítico. Las diferencias varían entre 3,7% y -1,7% y entre 4,5% y -4,3%, usando el refractómetro de Abbe y refractómetro de mano respectivamente. El de Abbe muestra un mejor coeficiente de

variación, es decir, es más exacto. Se deduce que el método puede tener interés en la comprobación del contenido de glucosa en las fórmulas de NP de primer día.

Tabla 5: Porcentajes de sólidos solubles totales, cantidad de glucosa calculada y comparación con el porcentaje de glucosa real, glucosa analítica

NP	Glucosa analítica (%)	Refractómetro de Abbe		Refractómetro de Mano	
		Sólidos solubles totales (%)	Glucosa calculada (%)	Sólidos solubles totales (%)	Glucosa calculada (%)
1	11,50	19,62	11,69	19,73	11,80
2	11,81	19,67	11,74	19,77	11,84
3	11,82	19,80	11,87	19,83	11,90
4	11,52	19,63	11,70	19,87	11,94
5	11,55	19,42	11,49	19,58	11,65
6	11,34	19,47	11,54	19,76	11,83
7	11,50	19,45	11,52	19,70	11,77
8	11,53	19,63	11,70	19,58	11,65
9	11,81	19,65	11,72	19,48	11,55
10	11,73	19,60	11,67	19,46	11,53
11	12,12	19,60	11,67	19,50	11,57
12	11,50	19,62	11,69	19,66	11,73
13	11,42	19,45	11,52	19,48	11,55
14	11,66	19,54	11,61	19,44	11,51
15	11,50	19,56	11,63	19,54	11,61
$\bar{X} \pm DE$		$19,58 \pm 0,10$	$11,67 \pm 0,10$	$19,62 \pm 0,14$	$11,52 \pm 0,14$
C.V.		0,514	0,85	0,733	1,21

Se ha aplicado el método sobre muestras de NP sin glucosa y con concentraciones elevadas de glucosa. Los resultados obtenidos en la NP sin glucosa fueron satisfactorios, con valores próximos al 0% (-0,1%). Cuando se aplicó sobre muestras con altas cantidades, 23,3%, para obtener valores más precisos, sería conveniente diluir la fórmula, ya que los valores obtenidos fueron inferiores a los reales. Sin embargo, se podrían detectar bien posibles errores grandes.

IV.2.2 Determinación de aminoácidos

Para calcular los aa' se realiza el mismo procedimiento con las 15 muestras de la fórmula de NP antes indicada (Tabla 6). La fórmula utilizada en este caso fue:

% aa' calculados = % sólidos solubles totales – (% 13,93 Glucosa 40% + 0% Cloruro sódico al 0,3% + 0,43% Glicerofosfato sódico + 0,63% Suplecal + 0% Peditrace + 0,13% Soluvit + 0,99% Vitalipid N Infantil)

En este caso, no se puede comparar con el dato analítico real ya que el hospital no mide la concentración de aa' y sería necesaria la intervención de un centro de referencia externo que la hallase. Cuando se compara con el valor teórico de aa' (3,45%), los valores obtenidos se situaron entre -5,3% y 5,6% y entre -7,6% y 4.4% de error, utilizando el refractómetro de Abbe

y de mano, respectivamente. La medida se puede considerar válida, y por lo tanto, el método también sería aceptable para la determinación de aa' en fórmulas de NP de primer día.

Tabla 6: Porcentajes de sólidos solubles totales, cantidad de aa' calculados y comparación con el porcentaje de aa' teórico

NP	Refractómetro de Abbe		Refractómetro de Mano	
	Sólidos solubles totales (%)	aa' calculado (%)	Sólidos solubles totales (%)	aa' calculado (%)
1	19,62	3,46	19,73	3,58
2	19,67	3,51	19,77	3,62
3	19,80	3,64	19,83	3,68
4	19,63	3,47	19,87	3,72
5	19,42	3,26	19,58	3,44
6	19,47	3,31	19,76	3,61
7	19,45	3,29	19,70	3,55
8	19,63	3,47	19,58	3,43
9	19,65	3,49	19,48	3,34
10	19,60	3,44	19,46	3,32
11	19,60	3,44	19,50	3,36
12	19,62	3,46	19,66	3,51
13	19,45	3,29	19,48	3,34
14	19,54	3,38	19,44	3,30
15	19,56	3,40	19,54	3,40
$\bar{X} \pm DE$	$19,58 \pm 0,10$	$3,42 \pm 0,10$	$19,62 \pm 0,14$	$3,48 \pm 0,13$
C.V.	0,514	2,96	0,733	4,00

En el caso de los aa', también se realizaron comprobaciones del método aplicándolo en fórmulas de NP sin aa' y con una cantidad elevada de aa'. Análogamente se observa que en la fórmula de NP sin aa', la medida refractométrica es bastante exacta (-0,9%), mientras que, en la fórmula con exceso de aa' (5,4%), los resultados dieron valores inferiores a los correctos. Se deduce que para medir con una mayor precisión estos valores elevados de aa', sería necesario diluir previamente la fórmula correspondiente.

V. CONCLUSIONES

La refractometría es un método fiable de calidad, que permite detectar errores graves en la composición de las fórmulas de NP de primer día, siendo este tipo de errores los que preocupan principalmente a los sanitarios puesto que pueden llegar a comprometer la vida del paciente, especialmente en neonatos, donde la tolerancia de error es muy baja debido a su tamaño y peso corporal.

Por tanto, sería conveniente controlar la composición de las fórmulas de NP en neonatología, con el fin de disminuir el número de incidentes, proporcionar mejores y más fiables métodos de calidad y disponer de fórmulas seguras en todo momento.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Moreno JM. (2004). Nutrición enteral y parenteral en pediatría. *Endocrinología y Nutrición*, 51 (4), 183-196.
- [2] Argente Pla M, García Malpartida K, Merino Torres JF. (2015). Indicaciones de la nutrición artificial (Capítulo 4). En: Merino Torres JF (coord.). *Manual de nutrición artificial del Hospital La Fe, NovaBernia*, pp. 39-41, Valencia.
- [3] Fraile Clemente C, Suárez González M. (2016). Nutrición enteral (Tema 26). En: Díaz Romero C (coord.). *Nutrición en estados fisiológicos y patológicos*, Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna, Materiales didácticos universitarios, Serie medicina/5, pp. 507-525, La Laguna.
- [4] Martínez Costa C. (2013). Introducción. Fórmulas poliméricas (Capítulo 1). En Pedrón Giner C, Navas López VM. *Fórmulas de nutrición enteral en pediatría*, Ergon, pp. 8-30, Madrid.
- [5] Nazco Casariego J, Gutiérrez Nicolás F. (2016). Nutrición parenteral (Tema 27). En: Díaz Romero C (coord.). *Nutrición en estados fisiológicos y patológicos*, Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna, Materiales didácticos universitarios, Serie medicina/5, pp. 527-539, La Laguna.
- [6] Vázquez Polo A, López Briz E, Balerdi Pérez B, García Malpartida K, Argente Pla M. (2015). Nutrición parenteral (Capítulo 8). En: Merino Torres JF (coord.). *Manual de nutrición artificial del Hospital La Fe, NovaBernia*, pp. 65-85, Valencia.
- [7] Gasque Góngora JJ, Gómez García MA. (2012). Nutrición enteral en un recién nacido prematuro. *Revista Mexicana de Pediatría*, 79 (3), 151-157.
- [8] Gormaz Moreno M, Roqués Serradilla V, Fernández Gilino C, Dalmau Serra J. (2015). Nutrición parenteral neonatal (Capítulo 30). En: Merino Torres JF (coord.). *Manual de nutrición artificial del Hospital La Fe, NovaBernia*, pp. 261-278, Valencia.
- [9] Embleton ND, Simmer K. (2014). Practice of Parenteral Nutrition in VLBW and ELBW Infants. *Nutritional Care of Preterm Infants*, 110, 177-189.
- [10] Gomis Muñoz P, Gómez López L, Martínez Costa C, Moreno Villares JM, Pedrón Giner C, Pérez-Portabella Maristany C, Pozas del Río MT. (2007). Documento de consenso SENPE/SEGHNP/SEFH sobre nutrición parenteral pediátrica. *Nutrición Hospitalaria*, 22 (6), 710-719.
- [11] Narbona López E. (2013). Nutrición enteral y parenteral en recién nacidos prematuros de muy bajo peso, Ergon, Madrid.
- [12] Cruz OM, Doren VA, Fernández BR, Salinas TJA, Urzúas BS, Tapia IJL. (2009). Intoxicación Neonatal por Sulfato de Magnesio: Caso clínico. *Revista Chilena de Pediatría*, 80 (3), 261-266.

- [13] Puntis JML. (2015). Nutrición parenteral pediátrica Guía práctica, Fresenius Kabi, Barcelona.
- [14] Arsenault D, Brenn M, Kim S, Gura K, Compher C, Simpser E, Pude M. (2012). A.S.P.E.N. Clinical Guidelines: Hyperglycemia and Hypoglycemia in the Neonate Receiving Parenteral Nutrition. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 36 (1), 81-95.
- [15] Nelson S, Barrows J, Haftmann R, Helm M, Mackay M. (2013). Calculating the refractive index for pediatric parenteral nutrient solutions. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 70 (4), 350-355.
- [16] Chang W-K, Chao Y-C, Yeh M-K. (2008). Application of refractometry to quality assurance monitoring of parenteral nutrition solutions. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 17 (1), 116-122.
- [17] Chang W-K, Yeh M-K. (2011). Prediction of parenteral nutrition osmolarity by digital refractometry. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 35 (3), 412-418.
- [18] Mirtallo J, Canada T, Johnson D, Kumpf V, Petersen C, Sacks G, Seres D, Guenter P. (2004). Safe practices for parenteral nutrition. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 28 (6), S39-S70.

Anexo 1

Tabla 7: Porcentajes de los distintos componentes de la NP en estados concentrados y diluidos en la misma proporción en la que se encuentran en la fórmula.

<i>GLUCOSA 40%</i>	
Concentrado	Diluido
Porcentaje (%)	Porcentaje (%)
40	14,00
40	14,00
40	13,80
$\bar{x} = 40 \%$	$\bar{x} = 13,93 \%$
<i>AMINOVEN INFANT 10%</i>	
Concentrado	Diluido
Porcentaje (%)	Porcentaje (%)
13,00	5,75
13,00	5,75
13,00	5,75
$\bar{x} = 13,00\%$	$\bar{x} = 5,75\%$
<i>CLORURO SÓDICO 0,3%</i>	
Concentrado	Diluido
Porcentaje (%)	Porcentaje (%)
0,40	0,00
0,40	0,00
0,40	0,00
$\bar{x} = 0,40\%$	$\bar{x} = 0\%$
<i>GLICEROFOSFATO SÓDICO (Glycophos)</i>	
Concentrado	Diluido
Porcentaje (%)	Porcentaje (%)
20,75	0,50
20,75	0,40
20,70	0,40
$\bar{x} = 20,73\%$	$\bar{x} = 0,43\%$
<i>SUPLECAL</i>	
Concentrado	Diluido
Porcentaje (%)	Porcentaje (%)
10,30	0,63
10,30	0,63
10,25	0,63
$\bar{x} = 10,28\%$	$\bar{x} = 0,63\%$
<i>PEDITRACE</i>	
Concentrado	Diluido
Porcentaje (%)	Porcentaje (%)
0,25	0,00
0,30	0,00
0,25	0,00
$\bar{x} = 0,26\%$	$\bar{x} = 0\%$

<i>VITALIPID INFANTIL</i>	
Concentrado	Diluido
Porcentaje (%)	Porcentaje (%)
No se observa	1,07
-	0,95
-	0,95
$\bar{x} = -\%$	$\bar{x} = 0,99\%$
<i>SOLUVIT</i>	
Concentrado	Diluido
Porcentaje (%)	Porcentaje (%)
5,10	0,13
5,10	0,13
5,10	0,13
$\bar{x} = 5,10\%$	$\bar{x} = 0,13\%$