

PRESCRIPTION OF PARENTERAL NUTRITION

The safety and efficacy of parenteral administration of nutrients to humans was first described in 1968. Since then, there have been numerous advances in administration techniques, as well as in the composition and preparation of intravenous nutrient mixtures; these advances have increased the safety of the administration of parenteral nutrition (PN). Nevertheless, this treatment modality remains an artificial feeding technique that can give rise to numerous complications of varying severity. Therefore, appropriate selection of those patients who will derive a true benefit from PN is essential. This review analyzes the indications and types of PN, along with the main characteristics of macro- and micronutrients, the quantity of energy and water, preparation and administration methods, and the possibility of associating other intravenous drugs. The individualized prescription of PN, according to current recommendations established by scientific societies, helps to improve the safety and effectiveness of this nutritional therapy.

Key words: Parenteral nutrition. Glucose. Intravenous fat emulsions intravenous. Aminoacids. Micronutrients.

En 1968 se describió la seguridad y la eficacia de la administración de nutrientes por vía intravenosa a seres humanos. Desde entonces hemos asistido a numerosos avances tanto de las técnicas de administración como de la composición y elaboración de las mezclas de nutrientes, que han conducido a una mayor seguridad en la administración de la nutrición parenteral (NP). Sin embargo, sigue siendo una técnica de alimentación artificial que puede dar lugar a numerosas complicaciones de distinta gravedad. Por ello, es necesaria una selección adecuada de los pacientes que realmente se van a beneficiar de la NP.

Esta revisión analiza las indicaciones y los tipos de NP, así como las características principales de los macronutrientes y micronutrientes, el aporte de energía y de agua, las formas de elaboración y administración y la posibilidad de combinarlos con fármacos intravenosos. La prescripción individualizada de la NP, de acuerdo con las recomendaciones vigentes de sociedades científicas, contribuye a mejorar la seguridad y la eficacia de esta forma de tratamiento nutricional.

Palabras clave: Nutrición parenteral. Glucosa. Emulsiones grasas intravenosas. Aminoácidos. Micronutrientes.

INTRODUCCIÓN

La nutrición parenteral (NP) consiste en la administración de nutrientes de forma directa al torrente circulatorio. Esta forma de alimentación artificial comenzó a emplearse poco antes de 1970 como resultado de diversos avances en conocimientos fisiopatológicos y de progresos tecnológicos. Entre otros, podemos destacar la definición de la composición de las soluciones intravenosas de aminoácidos, la fabricación de emulsiones de lípidos seguras para uso intravenoso, la descripción de técnicas percutáneas de acceso venoso central, las recomendaciones de aportes intravenosos de vitaminas y oligoelementos, etc.¹. La NP comenzó a utilizarse en pacientes con fístulas gastrointestinales, pero paulatinamente su uso se fue ampliando a numerosas indicaciones como síndrome de intestino corto, cirugía abdominal, enfermedad inflamatoria intestinal, obstrucción intestinal, etc.². Este tipo de nutrición artificial pasó a emplearse no sólo en el hospital, sino también en el domicilio de pacientes con insuficiencia intestinal irreversible. Así, hay personas que han vivido más de 20 años con nutrientes intravenosos como única fuente nutricional³.

No hay oposición entre la indicación de NP y nutrición enteral (NE). El desarrollo moderno de la nutrición artificial comenzó con la NP, pero unos 15 años más tarde aparecieron nuevas fórmulas y abordajes de NE que favorecieron su uso. En la década de los años noventa se produjo un cambio de opinión en cuanto a la ruta de primera elección en la alimentación artificial, y se resaltó el papel de la administración de NE precoz, sobre todo en pacientes críticos o quirúrgicos. Hoy nos encontramos en una

Correspondencia: Dr. M. León Sanz.
Unidad de Nutrición Clínica y Servicio de Endocrinología.
Hospital Universitario 12 de Octubre.
Avda. de Córdoba, s/n. 21041 Madrid. España.
Correo electrónico: mleon@h12o.es

fase de equilibrio, en la que se considera que tanto la NE como la NP deben convivir sin pugnas estériles, con indicaciones individualizadas según las necesidades de cada paciente.

Pese a que se considere la NP como una técnica bien establecida, no está exenta de complicaciones infecciosas, metabólicas, trombóticas y mecánicas asociadas a la inserción de vías centrales. Por eso, su empleo debe ajustarse a indicaciones aceptadas, una prescripción adecuada de nutrientes, una administración correcta y una evaluación clínica periódica.

INDICACIONES

Se han publicado varias guías de práctica clínica, entre las que se encuentran las de la American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (ASPEN)⁴, que proponen indicaciones de NP en numerosas enfermedades, señalando la evidencia favorable para su uso, así como su indicación primaria o secundaria a la imposibilidad o fracaso de la NE⁴⁻⁶. La indicación general de NP es la imposibilidad de administrar nutrientes por vía oral o enteral por un período superior a 7-10 días, que se reduce a 5-7 días si el paciente presenta desnutrición. La valoración nutricional debe formar parte integral de la historia y exploración clínica de cualquier paciente. Sin embargo, la indicación de la NP viene dada por su incapacidad de alimentarse por vía digestiva. Por tanto, por sí misma la desnutrición no es indicación de NP.

Existen algunas situaciones clínicas en las que la NP constituye el único tipo posible de nutrición artificial. Sin embargo, en numerosos casos la elección entre NP y NE depende de las características del individuo en un momento dado, que pueden variar a lo largo de su evolución clínica⁷. De hecho, en guías de práctica clínica de NE se entremezclan las referencias a la indicación de NP cuando la NE no puede emplearse o es insuficiente para aportar los requerimientos nutricionales del paciente⁸.

Podemos decir que la NP se emplea habitualmente en:

1. Pacientes que no pueden comer o absorber nutrientes en el aparato digestivo por:

- Resección intestinal masiva.
- Enfermedades del intestino delgado.
- Enteritis rádica.
- Diarrea grave.
- Vómitos intratables (si fracasa abordaje enteral pospilórico).

2. Pacientes con desnutrición grave e intestino no funcional.

3. Pacientes desnutridos en tratamiento con radioterapia o quimioterapia, o pacientes tratados con trasplante de médula ósea, con imposibilidad de alimentación oral o NE.

4. Pacientes con pancreatitis necrohemorrágica grave con imposibilidad o intolerancia de la NE.

5. Pacientes con catabolismo grave (shock séptico, politraumatismos, quemaduras), con o sin desnutrición, sin posibilidad de utilizar el aparato digestivo en 5 a 7 días.

6. Pacientes con obstrucción intestinal secundaria a adherencias inflamatorias.

7. Pacientes con hemorragia digestiva prolongada.

Por otro lado, la NP puede ser útil si no se puede emplear la NE, en:

1. Cirugía abdominal mayor. En pacientes muy desnutridos, iniciar NP preoperatoria y continuar durante el postoperatorio. En pacientes moderadamente desnutridos, em-

plear NP si no puede alimentarse por vía oral o enteral en más de 7 días.

2. Pacientes con estrés moderado e incapacidad de alimentarse durante más de 7 a 10 días.

3. Pacientes con fístulas enterocutáneas.

4. Pacientes con enfermedad inflamatoria intestinal.

5. Pacientes con hiperemesis gravídica.

6. Pacientes que no pueden recibir alimentación oral o enteral al cabo de 1 semana de hospitalización.

TIPOS DE NUTRICIÓN PARENTERAL

En relación con los requerimientos nutricionales del paciente, la NP puede ser total o parcial. Puede administrarse por vía central o periférica. Las soluciones administradas por vía periférica deben tener una osmolalidad inferior a los 900 mOsm/l, lo que condiciona un elevado aporte de volumen y limita el aporte de nutrientes y su uso en pacientes con alteraciones del balance hídrico, como aquellos con insuficiencia cardíaca, insuficiencia renal o descompensación hídrica. Si las necesidades nutricionales no son grandes, la NP periférica puede ser completa. Por tanto, el hecho de que la NP sea central o periférica no se identifica con que sea total o parcial. Se ha descrito también que la administración de la NP a través de catéteres de muy bajo calibre (23 G) permite la administración de fórmulas de NP de osmolalidad superior a 900 mOsm/l por vía periférica⁹.

La NP puede elaborarse en la propia farmacia del hospital o se puede adquirir en forma de bolsas ya preparadas por la industria farmacéutica. Estas últimas se denominan «productos listos para su uso» e incluyen formulaciones con y sin electrolitos. Los macronutrientes vienen separados en compartimentos diferentes y se mezclan cuando se va a administrarlos al paciente. Son fórmulas seguras y estables, útiles en pacientes con NP domiciliaria y probablemente con un coste económico menor¹⁰. Hasta ahora no incluyen vitaminas y oligoelementos. Dada su composición fija, exigen vigilar las necesidades individuales de electrolitos, para ajustar su aporte, generalmente de modo independiente de la mezcla de NP.

Las fórmulas de NP elaboradas en los servicios de farmacia hospitalarios pueden ser estandarizadas, cuya ventaja principal es la disminución del número de errores en su elaboración, o individualizadas para pacientes cuya situación clínica requiere la modificación de las cantidades de nutrientes normalmente recomendadas.

ELABORACIÓN DE LA NUTRICIÓN PARENTERAL

Las fórmulas de NP son mezclas complejas que contienen glucosa, lípidos, aminoácidos, electrolitos, oligoelementos y vitaminas en un volumen determinado según las características del individuo. Se deben diseñar para alcanzar los requerimientos nutricionales de cada paciente sin olvidar que su composición también está condicionada por la estabilidad y compatibilidad de las mezclas. La elaboración de la bolsa de NP está precedida por la estimación de los requerimientos nutricionales del enfermo, tal como se expone a continuación.

Cálculo de los requerimientos energéticos

El cálculo más exacto se realiza mediante la calorimetría indirecta. Sin embargo, esta técnica no se encuentra disponible en todos los centros, su coste es elevado y, según el procedimiento técnico, el calorímetro se puede trasladar entre las diferentes áreas de hospitalización. Puede realizarse un cálculo aproximado mediante distintas ecuaciones de

TABLA 1. Cálculo del gasto energético basal (GEB)

Ecuación de Harris-Benedict	Varones	$66,47 + (13,74 \times P) + (5,03 \times A) - (6,75 \times E)$	
	Mujeres	$665,1 + (9,56 \times P) + (1,85 \times A) - (4,68 \times E)$	
Ecuación de Owen et al	Varones	$GE = 879 + (10,2 \times P)$	
	Mujeres	$GE = 795 + (7,18 \times P)$	
Mifflin et al	Varones	$GE = 5 + (10 \times P) + 6,25 \times A - (5 \times E)$	
	Mujeres	$GE = -161 + (10 \times P) + 6,25 \times A - (5 \times E)$	
Ecuación de la OMS	Edad	Varones	Mujeres
	0-3	$60,9 \times P - 54$	$61,0 \times P - 51$
	3-10	$22,7 \times P + 495$	$22,5 \times P + 449$
	10-18	$17,5 \times P + 651$	$12,2 \times P + 746$
	18-30	$15,3 \times P + 679$	$14,7 \times P + 996$
	30-60	$11,6 \times P + 879$	$8,7 \times P + 829$
	> 60	$13,5 \times P + 987$	$10,5 \times P + 596$
	GER (respiración espontánea) = $629 - (11 \times E) + (25 \times P) - (609 \times O)$		
	GER (respiración mecánica) = $1.784 - (11 \times E) + (5 \times P) + (244 \times S) + (239 \times T) + (804 \times Q)$		
Ecuación de la Academia Nacional de las Ciencias	Varones	TEE = $1.086 - (10,1 \times E) + CA \times (13,7 \times P + 416 \times A)$	
		CA depende del PAL:	
		Actividad sedentaria	CA = 1; PAL $\geq 1 < 1,4$
		Actividad ligera	CA = 1,12; PAL $\geq 1,4 < 1,6$
		Actividad activa	CA = 1,29; PAL $\geq 1,6 < 1,9$
		Actividad muy activa	CA = 1,59; PAL $\geq 1,9 < 2,5$
	Mujeres	TEE = $448 - (7,95 \times E) + CA \times (11,4 \times P + 619 \times A)$	
		CA depende del PAL:	
		Actividad sedentaria	CA = 1; PAL $\geq 1 < 1,4$
		Actividad ligera	CA = 1,16; PAL $\geq 1,4 < 1,6$
		Actividad activa	CA = 1,27; PAL $\geq 1,6 < 1,9$
		Actividad muy activa	CA = 1,44; PAL $\geq 1,9 < 2,5$

A: talla (m); CA: coeficiente de actividad; E: edad (años); GE: gasto energético; GER: gasto energético en reposo; O: obesidad (> 30% del peso ideal); OMS: Organización Mundial de la Salud; P: peso (kg); PAL: nivel de actividad física; Q: quemadura; S: sexo (varón: 1, mujer: 0); T: talla (cm); T: trauma; TEE: energía total estimada. *Para pacientes críticos.

regresión, con las que se obtiene el gasto energético basal, que se multiplica por un factor de corrección (de enfermedad y actividad física). La exactitud de todas estas ecuaciones no es perfecta. Muchas de ellas se han obtenido de sujetos no representativos de la población que tratamos y el gasto energético calculado puede variar considerablemente según la fórmula empleada. Por otra parte, los factores de corrección suelen sobrestimar las necesidades energéticas y se apoyan más en la experiencia clínica que en las evidencias científicas¹¹.

La ecuación más utilizada es la de Harris-Benedict multiplicada por los factores de corrección de Long (tablas 1 y 2). Un método bastante aproximado a los datos de calorimetría indirecta sería la utilización de la fórmula de Harris-Benedict multiplicada por 1,3-1,5, dependiendo de la situación clínica del paciente.

Las necesidades calóricas obtenidas aplicando la fórmula citada se dividen entre los distintos principios inmediatos (un 15-20% en forma de aminoácidos, un 30-35% en forma de lípidos y un 40-55% en forma de glucosa), teniendo en cuenta que cada gramo de aminoácidos y de glucosa aporta unas 4 kcal y cada gramo de grasa intravenosa, aproximadamente 10 kcal. Otro modo de distribuir el gasto calórico consiste en restar al total el destinado a los aminoácidos y distribuir el resto entre los lípidos y la glucosa con una proporción que puede variar entre un 20-50% para los primeros y un 50-80% para los segundos¹². Para evitar la sobrestimación del gasto energético en pacientes obesos con la ecuación de Harris-Benedict, se puede utilizar el peso ajustado en lugar del peso real. El peso ajustado se calcula añadiendo al peso ideal el 25 o el 50% de la diferencia entre el peso real y el peso ideal. Los autores que proponen uno u otro porcentaje emplean posteriormente diferentes factores de

estrés metabólico, por lo que no hay mucha diferencia en el cálculo total estimado¹³. También se puede emplear en pacientes obesos las ecuaciones de Mifflin-St. John¹³ o las de la National Academy of Sciences¹⁴. Estas últimas carecen de referencias sobre su uso en soporte nutricional. En la prescripción de soporte nutricional para pacientes obesos, otros autores abogan por fórmulas hipocalóricas e hiperproteínicas, por ejemplo, entre 11 y 14 kcal/kg de peso real o 22 y 25 kcal/kg de peso ideal y 2 g/kg peso ideal, respectivamente. Algunos ensayos clínicos que comparan estas fórmulas con otras más hipercalóricas muestran que los pacientes tienen menos complicaciones sin comprometer el balance nitrogenado o el peso^{15,16}.

Requerimientos de macronutrientes

Necesidades proteínicas

Para obtener un balance nitrogenado positivo o neutro se debe administrar aproximadamente 0,8 g/kg peso en pacientes sanos y cantidades mayores en pacientes hospitalizados, que dependerán de su grado de estrés metabólico:

- Estrés leve: 1 g/kg peso/día.
- Estrés moderado: 1,3 g/kg peso/día.
- Estrés grave: 1,5 g/kg peso/día.
- Estrés muy grave: 2 g/kg peso/día¹⁷. Los requerimientos proteínicos pueden calcularse, asimismo, a través de la excreción urinaria de nitrógeno en 24 h (tabla 3).

En pacientes con encefalopatía hepática, las necesidades disminuyen a 0,8-1 g/kg peso/día y en pacientes con insuficiencia renal, a 0,5-0,6 g/kg peso/día, que aumentan a 1,2-1,7 g/kg peso/día si el paciente está sometido a diálisis, según el grado de estrés metabólico.

TABLA 2. Factores de corrección propuestos por Long (GER × Fac × Fag × Fan)

Factores de actividad (Fac)	
Reposo en cama	1
Movimientos en cama o sillón	1,2
Deambulaci6n	1,3
Factores de agresión (Fag)	
Desnutrici6n	0,7
Cirugía electiva menor	1,1-1,2
Cirugía mayor	1,2-1,3
Infecci6n moderada	1,2
Politraumatismo	1,4-1,5
TCE con glucocorticoides	1,6
Sepsis	1,79
Grandes quemados	1,5-2,31
Cáncer	0,9-1,3
Factores anabólicos (Fan)	
Mantenimiento	1
Anabolismo	1,2-1,3

GER: gasto energético en reposo; TCE: traumatismo craneoencefálico.

Las proteínas se administran en forma de soluciones de aminoácidos cristalinos. Las soluciones comercializadas actualmente en nuestro país son de 2 tipos: soluciones estándar, que contienen aminoácidos libres en su forma levo a distintas concentraciones (5 a 12,5%), y soluciones especiales adaptadas a diferentes situaciones clínicas:

- Soluciones para encefalopatía hepática: contienen una mayor concentraci6n de aminoácidos ramificados y una menor concentraci6n de aminoácidos aromáticos. La evidencia para justificar su uso no es muy grande. En todo caso su empleo deberí restringirse a pacientes que tengan encefalopatía hepática o que desarrollen esta complicaci6n con aportes estándar de aminoácidos¹⁸.

- Soluciones de aminoácidos enriquecidas para pacientes críticos: tratan de compensar el aumento del catabolismo proteínico mediante el aporte de aminoácidos ramificados. Se basan en una hipótesis formulada a finales de la década de los años setenta, que no ha sido suficientemente probada posteriormente¹⁹.

- Soluciones de aminoácidos para la insuficiencia renal: compuestas de aminoácidos esenciales e histidina. Se emplean poco. Se basan en el concepto de que en la insuficiencia renal hay un aumento de nitr6geno corporal total que puede reutilizarse en la síntesis de aminoácidos no esenciales. Sin embargo, la insuficiencia renal puede asociarse a alteraciones de la síntesis de aminoácidos. Por eso, los estudios de metabolismo proteico que han comparado soluciones de aminoácidos esenciales con otras de aminoácidos completos han mostrado mejores resultados con las segundas. La recomendaci6n actual para estos pacientes es administrar soluciones de aminoácidos esenciales y no esenciales en cantidades variables segùn las concentraciones plasmáticas de urea y del tratamiento con hemofiltraci6n o diálisis²⁰.

- Soluciones destinadas a uso pediátrico: fórmulas basadas en los perfiles de aminoácidos de los lactantes alimentados con leche materna, que contienen cisteína, taurina y tirosina²¹.

- Soluciones de glutamina: la glutamina es un aminoácido no esencial cuya concentraci6n intracelular disminuye en situaciones de hipercatabolismo. Su uso est limitado por su escasa solubilidad y la producci6n de amonio tras su degradaci6n. La estabilidad es mayor al administrar la glutamina en forma de dipéptidos (glutamina-alanina, glutamina-glicina). El uso de glutamina en la NP es controvertido. Por una

TABLA 3. Aporte nitrogenado en funci6n del grado de estrés y de la eliminaci6n de nitr6geno en orina

Eliminaci6n de nitr6geno ureico (g) en 24 h	Grado de estrés metabólico	Aporte proteínico (g proteínas/kg peso/día)
< 5	Sin estrés. Mí nimo	0,45
	Sin estrés. Basal	0,8
	Sin estrés 0	1-1,2
	Estrés leve 1	>1,2-1,5
	Estrés moderado 2	> 1,5-1,8
5-10	Estrés grave 3	> 1,8-2,0
10-15		
> 15		

parte, algunos autores han propuesto su utilizaci6n en enfermos críticos que sólo reciben soporte nutricional a través de NP²², pacientes quirúrgicos²³ y con trasplante de médula ósea²⁴. Por otra parte, otros autores no coinciden con estas propuestas. Argumentan que los estudios realizados incluyen un número reducido de pacientes, se basan en un posible «déficit relativo» de glutamina, difícilmente documentable, y son metodológicamente heterogéneos. Por eso, plantean que probablemente los datos actuales no sean suficientes para poder recomendar la suplementaci6n de glutamina en ningún grupo de pacientes y que su utilizaci6n se basa fundamentalmente en la experiencia del clí nico²⁵. Estas soluciones dan lugar a la producci6n de amonio tras su degradaci6n, por ello est án contraindicadas en insuficiencias renal y hepática y en otras situaciones que cursen con acidosis metabólica.

Necesidades de lípidos

Los lípidos constituyen una importante fuente de energía y de ácidos grasos esenciales en los pacientes con NP. Son productos con un alto valor calórico y una baja osmolalidad. Las emulsiones de lípidos (EL) contienen ácidos grasos esenciales: linoleico (un 1-2% del aporte calórico total), y alfa-linolénico (el 0,5% del aporte calórico total). Además aportan vitamina K y fósforo (aproximadamente, 30 µg de vitamina K/100 ml de soluci6n y 15 mmol de fósforo/l de soluci6n). El aporte habitual de lípidos intravenosos suele ser entre el 30 y el 40% del aporte calórico no proteico, sin superar los 2,5 g/kg peso/día. Habitualmente se dan entre 1 y 1,5 g/kg. Debe considerarse la administraci6n concomitante de fármacos que utilizan las EL como vehículo para su administraci6n (como el propofol), lo que requiere un ajuste en la dosis de lípidos administrada. La administraci6n de lípidos en la NP debe revisarse en presencia de hipertrigliceridemia (triglicéridos en plasma > 400 mg/dl). En la actualidad existen múltiples EL comercializadas que se diferencian en el contenido de ácidos grasos y en sus fuentes de origen.

La primera emulsi6n para uso clí nico por vía intravenosa se obtuvo a partir de aceite de soja, compuesta por triglicéridos de cadena larga (LCT) y caracterizada por un elevado contenido en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) ω-6, precursores del ácido araquidónico. En general, estas emulsiones han servido de patr6n de referencia en el grupo control cuando se han estudiado nuevas EL. Se ha demostrado que estas emulsiones se asocian a una alteraci6n de la respuesta inmunitaria y a la inhibici6n del sistema reticuloendotelial, lo que parece estar en relaci6n con el exceso de PUFA ω-6 y el bajo contenido de ω-3²⁶. Esto motivó el desarrollo de EL diseñadas para reducir el contenido de ω-6 y aumentar el contenido de ω-3. En la década de los años ochenta surgieron mezclas físicas al 50% de LCT y triglicéridos de cadena media (MCT) derivados de los aceites de coco y palma. La elecci6n de los MCT en estas mezclas se

basaba en una menor susceptibilidad a la lipoperoxidación y un metabolismo más rápido con menor depresión del sistema reticuloendotelial²⁷. A pesar de las ventajas de este tipo de ácidos grasos, no existen emulsiones aisladas de MCT, ya que la administración sin LCT no aporta ácidos grasos esenciales y se puede asociar a toxicidad neurológica.

Con el fin de mejorar la eficacia y seguridad de las mezclas físicas aparecieron posteriormente lípidos estructurados o mezclas químicas de MCT/LCT obtenidas mediante hidrólisis de triglicéridos de cadena media y larga con reesterificación posterior. Múltiples estudios señalan que los lípidos estructurados en comparación con las mezclas físicas se oxidan en mayor medida, mejoran el balance nitrogenado y causan una menor alteración de las pruebas de función hepática. Sin embargo, no existen estudios que comparen parámetros clínicos entre ambas mezclas, como riesgo de infección, morbilidad o estancia hospitalaria²⁸. Recientemente, se ha obtenido EL que reemplazan parcialmente los PUFA ω -6 por aceite de oliva, rico en ácidos grasos monoinsaturados, o por aceite de pescado, con ácidos grasos de cadena larga ω -3. Las 2 mezclas podrían tener utilidad en algunas enfermedades de carácter inflamatorio. Parece ser que las mezclas LCT/MCT y los lípidos basados en el aceite de oliva son más estables y podrían asociarse a una disminución en las complicaciones hepáticas, una mejor respuesta inmunitaria y un mejor balance nitrogenado.

Las EL más recientes son emulsiones mixtas que combinan LCT, MCT, aceite de oliva y aceite de pescado en una misma fórmula. Estas emulsiones contienen una relación ω -6/ ω -3 de 2,5:1, considerada óptima por ser el patrón que mejor refleja el patrón nutricional normal y probablemente se asocie a una menor alteración de la función hepática y un menor estrés oxidativo que el resto de las EL²⁶.

Necesidades de hidratos de carbono

Suponen entre un 60 y un 70% de las calorías no proteínicas. Se administran en forma de glucosa, que aporta aproximadamente 4 kcal/g y se encuentra disponible en soluciones desde el 5 hasta el 70%. Se recomienda no superar los 5 mg/kg/min, incluso los 4-5 g de glucosa/kg peso/día, ya que por encima de dicha cifra se supera la capacidad oxidativa del hígado, con riesgo de que se desarrollen hiperglucemia, esteatosis y disfunción hepática.

Requerimientos de electrolitos

La NP incluye aportes de electrolitos de acuerdo con diversos factores como pérdidas digestivas, función renal, equilibrio acidobásico, etc. Los requerimientos estándar de electrolitos por vía parenteral se exponen en la tabla 4. Los electrolitos pueden añadirse a la mezcla de NP de forma individual o en forma de una solución multielectrolítica. Esta última facilita la elaboración de la NP, pero puede ser inadecuada por exceso o por defecto para el paciente individual, por lo que exige que su composición sea aceptable para el paciente o que puedan añadirse mayores cantidades de algún electrolito de manera individual. La tabla 5 muestra también algunos ejemplos de soluciones multielectrolíticas.

Las necesidades de sodio y potasio suelen estar alrededor de 1 a 2 mEq/kg/día, pero pueden variar en el paciente individual según haya pérdidas elevadas, como por ejemplo por sonda nasogástrica o fístulas enterocutáneas, o enfermedades asociadas, como la insuficiencia renal, con necesidades especiales de estos electrolitos.

Los requerimientos diarios de calcio son de 0,2 a 0,35 mEq/kg/día²⁹. Como se discute más adelante en la sección de compatibilidad de nutrientes en la bolsa de NPT total, el

TABLA 4. Necesidades diarias de electrolitos en la nutrición parenteral

Electrolito	CDR
Calcio	10-15 mEq
Magnesio	8-20 mEq
Fósforo	20-40 mmol
Sodio	1-2 mEq/kg
Potasio	1-2 mEq/kg

CDR: cantidades diarias recomendadas.

TABLA 5. Soluciones multielectrolíticas*

Producto comercial	Hyperlite			Solución polielectrolítica SPNP-I		Solución polielectrolítica sin potasio
Volumen vial (ml)	1	25	75	1	50	50
Sodio	1	25	75	0,8	40	40
Potasio	0,8	20	60	1,2	60	
Calcio	0,2	5	15	0,2	9,2	9,2
Magnesio	0,5	5	15	0,2	10	10
Cloruro	1,2	30	90	1,2	60	
Acetato	1	25	75	0,9	45	45

*Preparadas por B. Braun. Barcelona. España.

aporte de calcio en la bolsa de NP puede tener un límite superior, por lo que requerimientos altos de calcio deberían ser administrados fuera de la bolsa si ésta contiene sales inorgánicas de fósforo.

El contenido de cloruro y acetato debe ajustarse para mantener el equilibrio acidobásico³⁰.

Necesidades de vitaminas y oligoelementos

Las vitaminas se añaden en forma de viales multivitámicos preparados de acuerdo con la recomendación de necesidades de vitaminas por vía intravenosa. En 1979 se publicaron unas recomendaciones sobre las dosis diarias de vitaminas para pacientes con NP por el Nutritional Advisory Group (NAG) de la American Medical Association (AMA). De acuerdo con estas recomendaciones, se han preparado industrialmente viales que contenían las dosis diarias de vitaminas. Estas recomendaciones no distinguían el tipo, la gravedad ni la fisiopatología de la enfermedad que motivaba la indicación de NP. Si ésta es administrada durante unas semanas, como es lo más frecuente, sería raro encontrar deficiencias con estas dosis. Sin embargo, los pacientes con NP domiciliaria, que la reciben a largo plazo, podrían estar más expuestos a experimentar una deficiencia vitamínica.

En el año 2000, en Estados Unidos, la Food and Drug Administration (FDA) aprobó unas nuevas recomendaciones para vitaminas en NP³¹. Estas recomendaciones se diferencian de las establecidas anteriormente por la inclusión de vitamina K y por el aumento de los requerimientos de vitamina B₁, B₆ y C (tabla 6). Conviene destacar aquí que las EL contienen vitamina K en cantidades variables según la fórmula empleada (en general, unos 30 µg/100 ml), lo que puede hacer innecesaria la administración de vitamina K en la NP. Además, esto debe ser tenido en cuenta en pacientes en tratamiento anticoagulante³².

En cuanto a las necesidades de oligoelementos, también se publicaron unas recomendaciones para administración diaria en NP. De nuevo, la industria farmacéutica desarrolló viales que contenían los diversos oligoelementos que debían añadirse a la bolsa de NP. Posteriormente la ASPEN ha

TABLA 6. Necesidades de vitaminas en nutrición parenteral

Vitamina	NAG-AMA (1979)	FDA (2000)
B ₁ (tiamina)	3 mg	6 mg
B ₂ (riboflavina)	3,6 mg	3,6 mg
B ₃ (niacina)	40 mg	40 mg
Ácido fólico	400 µg	600 µg
B ₅ (ácido pantoténico)	15 mg	15 mg
B ₆ (piridoxina)	4 mg	6 mg
B ₁₂ (piridoxina)	5 µg	5 µg
Biotina	60 µg	60 µg
C (ácido ascórbico)	100 mg	200 mg
A	1.000 µg	1.000 µg
D	5 µg	5 µg
E	10 mg	10 mg
K	No incluida	150 µg

AMA: American Medical Association; FDA: Food and Drug Administration; NAG-AMA: Nutritional Advisory Group.

efectuado en 2002 una revisión de sus necesidades, a las que ya se añade la necesidad del aporte de selenio (deficitario sobre todo en las NP a largo plazo) (tabla 7).

Conviene prestar atención a la situación fisiopatológica del paciente. Por ejemplo, en casos de colestasis tienden a acumularse en el organismo el cobre y el manganeso. En pacientes con NP a largo plazo y colestasis se han descrito depósitos de manganeso en los ganglios de la base del sistema nervioso central³³. Los pacientes con fístula, ileostomía o diarrea profusa pueden tener necesidades de cinc mucho mayores que lo que contienen los preparados de oligoelementos. Por otra parte, ha habido controversia sobre la conveniencia de que estos preparados contengan hierro. No obstante, han aparecido recientemente preparados de oligoelementos para NP que sí lo contienen. Podría administrarse hierro en la NP a los pacientes que van a recibirla durante más de 3 meses o presentan ferropenia previamente al inicio de la NP. El hierro intravenoso evita el mecanismo de regulación de la absorción intestinal, con riesgo de sobrecarga si se administra a largo plazo. También puede aumentar el riesgo de infección³⁴.

En general, no están disponibles en el mercado oligoelementos, ni muchas vitaminas, de forma individual, de modo que pueda excluirse de la NP alguno de ellos. Se pueden hacer combinaciones de diferentes preparados, especialmente de niños y adultos, limitar su uso a 1 o más días a la semana, etc.

COMPATIBILIDAD Y ESTABILIDAD DE LAS MEZCLAS

Las mezclas de NP pueden presentar problemas de compatibilidad y estabilidad de los distintos nutrientes. Las principales cuestiones de compatibilidad de las mezclas son las relacionadas con la formación de precipitados de calcio-fosfato. Estos precipitados pueden comportarse como un material embólico, que circula por la sangre hasta enclavarse en un vaso pulmonar de calibre inferior al diámetro de ese cristal. Para evitar la formación de precipitados de fosfato cálcico, pueden tomarse distintas medidas: a) utilización de gluconato cálcico en lugar de cloruro cálcico, ya que este último es mucho más reactivo; b) adición precoz del fosfato a la mezcla, añadiendo el calcio al final del proceso de fabricación de la NP; c) empleo de sales orgánicas de fósforo, como el glicerofosfato, en lugar de sales inorgánicas como fosfato potásico o sódico, que no se disocia y permite la adición mayor tanto de calcio como de fósforo³¹.

El problema fundamental que afecta a la estabilidad de la mezcla es el relacionado con la emulsión lipídica en las

TABLA 7. Necesidades diarias de oligoelementos en nutrición parenteral

Oligoelemento	Necesidades diarias
Cromo	10-15 µg
Cobre	0,3-0,5 mg
Flúor	No bien definidas
Yodo	No bien definidas
Hierro	No se añade de forma sistemática
Manganeso	60-100 µg
Molibdeno	No se añade de forma sistemática
Selenio	20-60 µg
Cinc	2,5-5 mg

mezclas «todo en uno». Este tipo de mezclas, cada vez más empleadas, tienen varias ventajas respecto a la administración separada de los lípidos y demás nutrientes, como es una menor manipulación de la vía y un menor coste económico. Sin embargo, suelen ser mezclas menos estables y pueden asociarse con la formación de gotas lipídicas de tamaños variables y dar lugar a fenómenos de embolia grasa. Para evitar modificaciones de la EL se aconseja que la solución final tenga una concentración de aminoácidos superior al 2%.

La FDA recomienda la utilización de filtros durante la administración de la NP y otros productos intravenosos. El uso de filtros puede reducir el riesgo de flebitis y prevenir la infusión de microprecipitados, aire, partículas, microorganismos o endotoxinas. A pesar de ello, el uso de filtros no garantiza la desaparición del riesgo de contaminación y precipitación de las soluciones.

Se recomienda el uso de filtros de 0,22 µm para las fórmulas «2 en 1», que son las que no incluyen lípidos en la misma bolsa de NP. Este tipo de filtro es capaz de evitar el paso de microorganismos y, si la superficie del filtro está cargada positivamente, de endotoxinas formadas por ellos. En las mezclas «todo en uno», que sí incluyen lípidos, se aconseja la utilización de filtros con un diámetro de poro mayor, entre 1,2 y 5 µm, ya que diámetros menores pueden romper las gotas lipídicas y alterar la estabilidad de la emulsión. Los filtros de 1,2 µm no eliminan bacterias como *Streptococcus epidermidis* y *Escherichia coli*, pero sí microorganismos mayores, como *Candida albicans*, y partículas. Alternativamente pueden emplearse filtros de 1,2 µm para todas las soluciones³⁰.

NUTRICIÓN PARENTERAL PERIFÉRICA

La NP periférica (NPP) puede ser una alternativa en pacientes con indicación de NP, en los que ésta se va a mantener durante un período menor de 10-14 días. La osmolaridad de la solución de una NPP no debe superar los 600-900 mOsm/l. Para ello, habitualmente son necesarios volúmenes de 2.500-3.000 ml. Esta característica limita el uso de la NPP en pacientes con restricción del aporte de volumen, aunque, como ya señalamos antes, personas con pequeñas necesidades nutricionales pueden recibir NPP como único aporte de nutrientes.

La composición de la NPP suele contener al menos 150 g de glucosa, para disminuir el balance nitrogenado negativo derivado de la gluconeogénesis a partir de alanina, y de 1-1,2 g/kg peso de proteínas, lo que corresponde a un estrés metabólico leve. Aportes nitrogenados superiores, más adecuados en situaciones de mayor estrés metabólico, son difíciles de conseguir por la elevada osmolaridad de los aminoácidos³⁵. Como se ha mencionado anteriormente, los lípidos constituyen una fuente energética muy útil en este tipo de

NP, por su alto poder calórico y su baja osmolaridad. Una fórmula típica podría estar compuesta por 60-85 g de aminoácidos, 200 g de glucosa, 50 g de grasa, electrolitos (90 mEq de sodio, 60 mEq de potasio, 15 mEq de calcio, 15 mEq de magnesio, 10-20 mmol de fosfato), oligoelementos y vitaminas, lo que viene a constituir una concentración final del 5-10% de glucosa y del 3-5% de aminoácidos, con un volumen final de unos 3.000 ml.

Los 2 principales inconvenientes de la NPP son la dificultad para alcanzar el aporte calórico necesario sin exceder la osmolaridad indicada y el riesgo de flebitis. Para evitar esta complicación se ha propuesto el uso de filtros y la adición de glucocorticoides a la solución (hidrocortisona 5 mg/l), heparina (500 U/l) y soluciones tampón (para conseguir un pH de 7,2-7,4). Sin embargo, los estudios clínicos que han analizado estas medidas preventivas no han mostrado grandes ventajas³⁶.

FÁRMACOS EN LA NUTRICIÓN PARENTERAL

No suele recomendarse la administración concomitante de fármacos con la NP de manera habitual. Es difícil establecer qué fármacos son estables en la NP, ya que los estudios realizados emplean soluciones de NP con composiciones diferentes y la concentración del fármaco no es la misma. Recientemente se ha publicado una revisión de estos distintos estudios en la que se especifica la concentración del fármaco, la composición de la NP y la forma de administración del medicamento, en Y o en el interior de la bolsa de la NP³⁷. Ejemplos de fármacos que se han añadido a la NP son insulina, octreotida, ranitidina y albúmina. Se desaconseja la administración concomitante de 2 fármacos, pues los estudios realizados hasta el momento se refieren a un solo fármaco.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Dra. M. Ángeles Valero Zanuy la lectura crítica de este manuscrito, que ha sido enriquecido por sus comentarios.

BIBLIOGRAFÍA

- Dudrick SJ. Early developments and clinical applications of total parenteral nutrition. *J Parenter Enteral Nutr.* 2003;27:291-9.
- Vinnars E, Wilmore D. History of Parenteral Nutrition. *J Parenter Enteral Nutr.* 2003;27:225-32.
- León Sanz M. La evolución de la alimentación hospitalaria. *Ars Medica.* 2004;2:210-26.
- ASPEN Board of Directors and the Clinical Guidelines Task Force. Guidelines for the use of parenteral and enteral nutrition in adult and pediatric patients. *J Parenter Enteral Nutr.* 2002;26 Suppl 1:SA1-138.
- Klein S, Kinney J, Jeejeebhoy K, et al. Nutritional support in clinical practice: review of published data and recommendations for future research directions. Summary of a conference sponsored by the National Institutes of Health, American Society for Parenteral and Enteral Nutrition, and American Society for Clinical Nutrition. *J Parenter Enteral Nutr.* 1997;21:133-56.
- Koletzko B, Goulet O, Hunt J, Krohn K, Shamir R. Parenteral Nutrition Guidelines Working Group. Guidelines on Paediatric Parenteral Nutrition of the European Society of Paediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition (ESPGHAN) and the European Society for Clinical Nutrition and Metabolism (ESPEN), Supported by the European Society of Paediatric Research (ESPR). *J Pediatr Gastroenterol.* 2005;41 Suppl 2:S1-87.
- Braunschweig CL, Levy P, Sheehan PM, Wanget X. Enteral compared with parenteral nutrition: a meta-analysis. *Am J Clin Nutr.* 2001;74:534-42.
- ESPEN Guidelines on Enteral Nutrition. *Clin Nutr.* 2006;25:180-360.
- Madam M, Alexander DJ, Mc Mahon MJ. Influence of catheter type on occurrence of thrombophlebitis during peripheral intravenous nutrition. *Lancet.* 1992;339:101-3.
- García de Lorenzo Mateos A, Bermejo Vicedo T, Gómez Candela C, Planas Vila M. Conclusiones de la primera mesa de trabajo BAXTER-SENPE sobre productos listos para su uso (RTU) en nutrición parenteral. *Nutr Hosp.* 2005;20:369-70.
- Reeves MM, Capra S. Predicting energy requirements in the clinical setting: are current methods evidence based? *Nutr Rev.* 2003;61:143-51.
- SENPE. Sociedad Española de Nutrición Parenteral y Enteral. Protocolos para la prescripción de nutrición parenteral y enteral. Documento 2-B-EP-1998. Disponible en: http://www.senpe.com/publicaciones/senpe_consenso/senpe_consenso_prescripcion_2.pdf
- Iretón-Jones C. Adjusted body weight, con: why adjust body weight in energy-expenditure calculations? *Nutr Clin Pract.* 2005;20:474-9.
- Institute of Medicine. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. Food and Nutrition Board. Washington: National Academy Press; 2002.
- Burge JC, Goon A, Choban PS, Flancbaum L. Efficacy of hypo-caloric total parenteral nutrition in hospitalized obese patients: a prospective, double-blind randomized trial. *J Parenter Enteral Nutr.* 1994;18:203-7.
- Dickerson RN. Hypo-caloric feeding of obese patients in the intensive care unit. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2005;8:189-96.
- Gomis P. Nutrición Parenteral. En: Gil Hernández A, editor. Tratado de Nutrición. 1.ª ed. Madrid: Acción Médica; 2005. p. 169-204.
- Manchesini G, Bianchi G, Rossi B, Brizi M, Melchionda N. Nutritional treatment with branched-chain amino acids in advanced liver cirrhosis. *J Gastroenterol.* 2000;35 Suppl 12:7-12.
- Atkinson M, Worthley LI. Nutrition in the critically ill patient: part II. Parenteral Nutrition. *Crit Care Resusc.* 2003;5:121-36.
- Pupim LB, Flakoll PJ, Ikizler TA. Protein homeostasis in chronic hemodialysis patients. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2004;7:89-95.
- Martínez Costa C, Sierra C, Pedrón Giner C, Moreno Villares JM, Lama R, Codoceo R. Nutrición enteral y parenteral en pediatría. *An Esp Pediatr.* 2000;52 Supl 3:1-33.
- Heyland DK, Dhaliwal R, Drover JW, Gramlich L, Dodek P. Canadian practice guidelines for nutrition support in mechanically ventilated critically ill adult patients. *J Parenter Enteral Nutr.* 2003;27:355-73.
- Jian ZM, Cao JD, Zho XG, Zhao WX, Yu JC, Ma EL, et al. The impact of alanyl-glutamine on clinical safety, nitrogen balance, intestinal permeability, and clinical outcome in postoperative patients: a randomized, double-blind, controlled study of 120 patients. *J Parenter Enteral Nutr.* 1999;23 Suppl 5:S62-6.
- Ziegler TR, Young LS, Benfell K, Scheltinga M, Hortos K, Bye R, et al. Clinical and metabolic efficacy of glutamine-supplemented parenteral nutrition after bone marrow transplantation. A randomized, double-blind, controlled study. *Ann Intern Med.* 1992;116:821-8.
- Alpers DH. Glutamine: do the data support the cause for glutamine supplementation in humans? *Gastroenterology.* 2006;130 Suppl 1:S106-16.
- Waitzberg DL, Torrinhans RS, Jacintho TM. New parenteral lipid emulsion for clinical use. *J Parenter Enteral Nutr.* 2006;30:351-67.
- Wanten G. An up-to-date on parenteral lipids and immune function: only smoke or is there any fire? *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2006;9:79-83.
- Chambrier C, Lauverjat M, Bouletreau P. Structured triglyceride emulsions in parenteral nutrition. *Nutr Clin Pract.* 2006;21:342-50.
- Baumgartner TG. Calcium. En: Baumgartner TG. Parenteral micronutrition. 2.ª ed. Fujisawa: Lyphomed; 1991. p. 1-51.
- National Advisory Group on Standards and Practice Guidelines for Parenteral Nutrition. Safe Practices for Parenteral Nutrition Formulations. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 1998;22:49-66.
- Helphingstine CJ, Bistran BR. New Food and Drug Administration requirements for inclusion of vitamin K in adult parenteral multivitamins. *J Parenter Enteral Nutr.* 2003;27:220-4.
- Duerkensen DR, Papineau N. The prevalence of coagulation abnormalities in hospitalized patients receiving lipid-base parenteral nutrition. *J Parenter Enteral Nutr.* 2004;28:30-3.
- Bertinet DB, Tinivella M, Balzola FA, De Francesco A, Davini O, Rizzo L, et al. Brain manganese deposition and blood levels in patients undergoing home parenteral nutrition. *J Parenter Enteral Nutr.* 2000;24:223-7.
- Kumpf VJ. Up-to-date on parenteral iron therapy. *Nutr Clin Pract.* 2003;18:318-26.
- Culebras JM, Martín Peña G, Zaragoza A, Rodríguez Montes JA. Practical aspects of peripheral parenteral nutrition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2004;7:303-3.
- Thighe MJ, Wong C, Martin IG, Mc Mahon MJ. Do heparin, hydrocortisone, and glyceryl trinitrate influence thrombophlebitis during full intravenous nutrition via a peripheral vein? *J Parenter Enteral Nutr.* 1995;19:507-9.
- Del Hoyo Gil L, Serrano Garrote O, Gomis Muñoz P, Herreros de Tejada A. Compatibilidad de fármacos con nutrición parenteral. *Farm Hosp.* 2000;24:332-44.