

3

NUTRICIÓN ARTIFICIAL. NUTRICIÓN ENTERAL Y PARENTERAL

Begoña Feal Cortizas y Martina Lema Oreiro

Introducción	27	Nutrición parenteral en el neonato	39
Valoración nutricional	28	Indicaciones de la nutrición enteral	40
Datos antropométricos	28	Tipo de acceso de la nutrición enteral	41
Parámetros bioquímicos	29	Acceso gástrico	41
Otras técnicas para determinar la composición corporal	30	Acceso en el intestino delgado	41
Interpretación de los datos	30	Complicaciones de la vía enteral	42
Requerimientos nutricionales	31	Elección de la dieta enteral	43
Fluidos y electrolitos	31	Dietas poliméricas	43
Energía	32	Dietas hidrolizadas u oligoméricas	43
Proteínas	33	Dietas elementales	43
Hidratos de carbono	34	Módulos nutricionales	43
Lípidos	34	Monitorización del paciente con soporte nutricional	43
Recomendaciones de vitaminas y oligoelementos	35	Monitorización en pacientes con nutrición enteral	44
Elección del soporte nutricional: ¿nutrición parenteral o enteral?	38	Monitorización en pacientes con nutrición parenteral	44
Indicaciones de la nutrición parenteral	38	Atención farmacéutica. Presentación de un caso clínico	44
Vías de acceso de la nutrición parenteral	38	Presentación del caso	44
Periférica	38	Cuestión planteada	45
Central	38	Discusión	45
Complicaciones de la vía parenteral	39	Bibliografía	46
Técnicas o mecánicas	39		
Infecciosas	39		
Metabólicas	39		

INTRODUCCIÓN

La administración de nutrición artificial en pacientes pediátricos tanto por vía parenteral como a través de fórmulas líquidas enterales puede ser necesaria en neonatos, niños y adolescentes que no pueden cubrir sus necesidades energéticas a través de una dieta regular adecuada para su edad. La malnutrición continúa siendo un problema entre los pacientes pediátricos hospitalizados, con una prevalencia que ronda el 25-30%. El objetivo general del soporte nutricional es el mantenimiento de las funciones vitales y la producción de energía. En el niño adquiere una dimensión mayor, ya que se trata de un factor determinante del crecimiento e influye de forma crítica en el desarrollo y la

maduración funcional de órganos y tejidos. La diferencia entre el soporte nutricional del niño y del adulto radica en que el primero es un organismo en desarrollo, que tiene en general unos requerimientos mayores de agua, energía y nutrientes, que además son variables según la etapa de crecimiento en la que se encuentre.

La población pediátrica presenta unas características únicas; las más relevantes son:

- Población heterogénea: sus necesidades nutricionales dependen del período de desarrollo; existen requerimientos específicos para recién nacidos prematuros, neonatos a término, lactantes, niños y adolescentes.

- Composición corporal: el agua constituye el 85% en el recién nacido prematuro, el 78% en el neonato a término y el 60% en el adulto.
- Menos reservas energéticas.
- Desarrollo de los órganos según la edad cronológica: los lactantes tienen una capacidad limitada para absorber nutrientes; a nivel renal los lactantes necesitan más agua para excretar la misma cantidad de solutos.
- Existencia de patologías específicas infantiles con requerimientos especiales: fibrosis quística, cardiopatías congénitas, alergia e intolerancia a las proteínas de la leche de vaca, etc.

Si se produce un desequilibrio nutricional (ayuno, aumento del gasto energético o ingesta inadecuada), el médico debe conocerlo para establecer un diagnóstico, tanto de desnutrición como de sobrenutrición.

Las manifestaciones iniciales de la desnutrición son cambios funcionales cuya finalidad es el ahorro energético: bradicardia, hipotermia y disminución de la actividad física. Posteriormente se movilizan las reservas con el consumo de la masa grasa, se altera la composición corporal y se producen el deterioro nutricional y alteraciones en el crecimiento. Factores como la edad del paciente son clave para determinar la gravedad; los prematuros son los más susceptibles. Otros períodos críticos del crecimiento y desarrollo son la lactancia y la adolescencia. Los objetivos de la nutrición artificial en pediatría son:

- Cubrir las necesidades de nutrientes para asegurar el crecimiento.
- Asegurar el desarrollo del sistema nervioso, el aparato digestivo y la adaptación metabólica y endocrina.
- Reponer los depósitos de nutrientes que puedan estar disminuidos.

- Evitar que se produzcan efectos negativos a medio y largo plazo.

VALORACIÓN NUTRICIONAL

Un requisito previo antes del inicio del soporte nutricional es la determinación del estado nutricional del paciente y la identificación de la patología de base que produce el desequilibrio nutricional con el fin de detectar a pacientes malnutridos o con riesgo de malnutrición. Asimismo, se debe realizar el seguimiento nutricional a lo largo del curso de la enfermedad. Este proceso ha de ser rápido y eficiente mediante la monitorización de unos parámetros que en la práctica clínica rutinaria tienen que ser fáciles de obtener, costeefectivos, adecuados para la edad del paciente y clínicamente relevantes. Entre estos parámetros se encuentran:

Datos antropométricos

PESO

Es un indicador global de la masa corporal pero debe interpretarse adecuadamente en el contexto de la enfermedad teniendo en cuenta la diuresis, sobrecarga de fluidos, etc. Se ha de pesar al niño a la misma hora, desnudo, considerando, si procede, el volumen de nutrición administrado, tubos endotraqueales, bolsas de ostomía, etc. Hay que considerar que en niños recién nacidos se produce una redistribución de fluidos, con una pérdida de peso del 6 al 10% durante la primera semana, que se normaliza a los 10 días.

TALLA

Valora el seguimiento en longitud. Se altera junto con el peso en la malnutrición crónica. Se puede calcular el incremento de talla por unidad de tiempo (crecimiento en cm/año). Este parámetro es muy sensible para detectar fallos de crecimiento en niños de riesgo.

PERÍMETRO CRANEAL

En niños hasta 2-3 años valora de forma indirecta el desarrollo del sistema nervioso. Se altera en la malnutrición intrauterina y ante anomalías fenotípicas. Un percentil inferior a 5 indica la existencia de microcefalia o desnutrición crónica.

PERÍMETRO BRAQUIAL

Se mide en el brazo izquierdo o no dominante (punto medio). Estima el compartimento muscular del organismo e informa sobre el estado nutricional actual.

PLIEGUE TRICIPITAL

Se mide en el brazo izquierdo, punto medio, en la cara posterior. Valora la composición corporal (grasa) e informa sobre el estado nutricional actual.

ÍNDICE DE MASA CORPORAL (IMC)

Es la relación entre peso (kg) y talla (m²). Como varía con la edad, en niños su valoración se realiza mediante una curva percentilada.

RELACIÓN PESO/TALLA

Es independiente de la edad y de la raza. Se utiliza para determinar el estado nutricional en el momento de la exploración y es de gran ayuda para detectar precozmente la malnutrición aguda. El percentil 90 indica obesidad y el 10 desnutrición.

Parámetros bioquímicos

ALBÚMINA SÉRICA

Debido a que presenta una vida media larga, entre 14 y 20 días, no es un buen indicador del estado nutricional actual, pero refleja bien el estado de síntesis proteica. Los valores normales se sitúan entre 3,5 y 5 mg/dl en pacientes adultos y 2,3 y 4,5 mg/dl en pediátricos; en neonatos pueden ser normales valores alrededor de 2 mg/dl. Sus valores se ven afectados por diferentes situaciones, como deshidratación, sepsis, traumatismo, enfermedad hepática, administración de albúmina, etc.

PREALBÚMINA

Es un indicador más fiable de malnutrición aguda debido a que presenta una vida media más corta, entre 24 y 48 horas. Los valores normales se sitúan en 15-30 mg/dl.

La medida de las proteínas viscerales, como albúmina y prealbúmina, no refleja con exactitud el estado nutricional ni la respuesta a la nutri-

ción, especialmente en pacientes críticos, ya que disminuyen durante la fase de inflamación. Como contrapunto, las proteínas de fase aguda (proteína C reactiva) se encuentran incrementadas, siendo este aumento proporcional a la gravedad de la lesión.

TRANSFERRINA

Tiene una vida media de 8 a 10 días, por lo que refleja mejor que la albúmina el estado nutricional.

PROTEÍNA TRANSPORTADORA DE RETINOL

Tiene una vida media de 10 horas. Valores de 2-2,6 mg/dl indican desnutrición leve; de 1,5 a 2 mg/dl moderada e inferiores a 1,5 mg/dl grave.

HEMOGLOBINA, HEMATOCRITO, ÍNDICES ERITROCITARIOS Y OTROS PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS

Permiten identificar a pacientes con déficit nutricionales de hierro, ácido fólico, vitamina B₁₂ o anemia asociada a alguna enfermedad crónica. La malnutrición se asocia con inmunosupresión, por lo que el recuento linfocitario se ha utilizado para detectarla.

OTROS PARÁMETROS

Son oligoelementos (cinc, cobre y selenio), electrolitos (sodio, potasio, calcio, magnesio y fósforo), vitaminas (A, D, E, B₁₂, ácido fólico, tiamina y piridoxina), metabolismo del hierro y colesterol.

ÍNDICE CREATININA-TALLA (ICT)

Se calcula a partir de la determinación de la excreción de creatinina en la orina de 24 horas:

$$ICT = \frac{\text{Excreción de creatinina en la orina de 24 horas} \times 100}{\text{Excreción ideal de creatinina en 24 horas para la talla}}$$

La excreción renal de la creatinina (producto de degradación de la creatina) es proporcional al contenido de creatina muscular y la masa

$BN = (g \text{ de proteína ingerida/día}/6,25) - (NU + 2)$	Pacientes de 0-4 años
$BN = (g \text{ de proteína ingerida/día}/6,25) - (NU + 3)$	Pacientes de 4-10 años
$BN = (g \text{ de proteína ingerida/día}/6,25) - (NU + 4)$	Pacientes a partir de 10 años
$NU = (\text{Nitrógeno ureico, g/día}) = \text{urea (g/l)} \times 0,46 \times \text{volumen de orina de 24 horas (l)}$	

Tabla 1. *Cálculo del balance nitrogenado*

muscular total. Los valores obtenidos en la orina de 24 horas se comparan con los de referencia, ya que la excreción de creatinina resulta relativamente estable. Si el índice es superior al 80% se considera normal, si está entre el 60 y el 80% indica déficit moderado de masa muscular y si es inferior al 60% sugiere déficit grave.

BALANCE NITROGENADO (BN)

En pacientes adultos se considera el *gold standard*. Tanto el BN como el ICT presentan el inconveniente de que se necesita la recogida de orina de 24 horas, lo que en pediatría es difícil debido a la posible contaminación con heces, y necesidad de colaboración con el paciente o cuidador. Se utiliza para valorar el efecto del soporte nutricional sobre el metabolismo proteico. El cálculo es el resultado de la diferencia entre la proteína ingerida y la eliminada, para lo que se requiere determinar la urea en la orina de 24 horas. En el equilibrio el BN es de 0. Para la repleción se precisa un resultado de 2 a 4 g. El balance positivo indica que el nitrógeno ingerido excede las pérdidas. El resultado negativo señala pérdida proteica (tabla 1).

Otras técnicas para determinar la composición corporal

Son métodos más sofisticados utilizados en centros especializados para determinar la composición corporal, entre los que se encuentran:

DENSITOMETRÍA RADIOLÓGICA DE DOBLE ENERGÍA (DEXA)

Permite cuantificar el contenido mineral óseo, de interés en niños con carencias dietéticas o enfermedades crónicas: trastornos de la con-

ducta alimentaria, fibrosis quística y enfermedad inflamatoria intestinal.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA CORPORAL TOTAL (TOBEC)

Su aplicabilidad es limitada debido al coste.

IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA

Mide la composición corporal basándose en el principio de que el tejido magro conduce mejor la corriente eléctrica que el graso.

CALORIMETRÍA DIRECTA

Es la técnica más fiable y costosa para la determinación del metabolismo basal: determina el gasto energético en reposo a partir del calor producido por un individuo midiendo el oxígeno consumido (VO_2) y el CO_2 producido (VCO_2) (1).

$$GER = (3,9 VO_2 + 1,1 VCO_2) \times 1,4$$

INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

En la práctica clínica habitual se suele utilizar los datos antropométricos, con los gráficos de crecimiento, parámetros bioquímicos y la impedancia bioeléctrica. La evaluación de estos parámetros permite identificar a pacientes con riesgo nutricional, sobre los que hay que realizar una intervención adecuada para corregir esta situación (tabla 2). En España existen distintos estándares de crecimiento para comparar los datos obtenidos. Están disponibles para prematuros, neonatos, niños y adolescentes para niños y para niñas. En España se han difundido los de Hernández et al. (1998), los del CDC (Center for Disease Control, 2000), muy completos en cuanto a edad, pues abarcan a niños de 0 a 2 años. La OMS en 2006 elaboró nuevos patrones de crecimiento y en 2008 Ca-

NEONATOS	<p>Muy bajo peso al nacimiento < 1.500 g</p> <p>Bajo peso al nacimiento < 2.500 g</p> <p>Peso al nacimiento < 2 DE</p> <p>Pérdida aguda de peso > 10%</p> <p>Recién nacidos enfermos: enterocolitis necrotizante, patología gastrointestinal (intestino corto, pseudo-obstrucción intestinal, etc.), errores congénitos del metabolismo, displasia broncopulmonar y oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO)</p>
NIÑOS	<p>Índice peso/altura < percentil 10</p> <p>Índice peso/altura > percentil 90-95</p> <p>Índice de masa corporal > 30 kg/m²</p> <p>Requerimientos metabólicos incrementados: fibrosis quística y cardiopatías</p> <p>Incapacidad para ingerir o tolerar dieta oral: parálisis cerebral infantil</p> <p>Inadecuada provisión o tolerancia a nutrientes: alergia alimentaria, metabolopatías, diarrea intratable, síndrome de intestino corto y enfermedad inflamatoria intestinal</p> <p>Inadecuada ganancia de peso y desórdenes alimentarios</p> <p>Pacientes ingresados en la UCI, postoperados, traumatismos, quemados, trasplantados y cáncer</p>

Tabla 2. *Identificación de pacientes con riesgo nutricional. Ejemplos*

rrascosa et al. llevaron a cabo el *Estudio transversal español de crecimiento* (2, 3). Las alteraciones significativas en el peso pueden alertar sobre la existencia de riesgo nutricional. Se consideran alteraciones significativas si se pierde más del 2% en 1 semana, más del 5% en 1 mes, más del 7,5% en 3 meses y más del 10% en 6 meses.

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

Fluidos y electrolitos

El agua es el mayor componente del organismo a cualquier edad. Las necesidades de agua y electrolitos son mayores después del nacimiento y van disminuyendo con la edad hasta la etapa adulta. Los requerimientos de líquidos se calculan en función de edad, peso, estado de hidratación, factores ambientales y enfermedad de base.

Después del nacimiento se produce un proceso de adaptación que afecta al metabolismo del agua y los electrolitos que se puede dividir en tres fases:

- Fase I (desde el nacimiento hasta los 6 días): se caracteriza por oliguria, seguida de poliuria. Se pierde aproximadamente el 10% del

peso corporal en forma de agua (pérdidas evaporativas a través de la piel y natriuresis continua).

- Fase II (5-15 días después del nacimiento): disminuyen las pérdidas cutáneas debido a la formación de la capa córnea de la epidermis, la excreción de sodio y el volumen de orina.
- Fase III: el crecimiento es estable y se produce ganancia de peso con balance positivo para agua y sodio (4).

Para el cálculo de los requerimientos de fluidos en niños de peso superior a 2-3 kg se suele utilizar la fórmula de Holliday-Segar (tabla 3).

Es necesario realizar ajustes en función de la situación clínica del paciente. En caso de fiebre, por cada grado de temperatura por encima de 38 °C se produce una pérdida adicional de agua de 5 ml/kg en 24 horas. Otros factores que incrementan la pérdida de fluidos son: prematuridad (pérdida de agua evaporativa a través de la piel, función renal inmadura y superficie corporal incrementada), fototerapia, diarrea, vómitos, llanto, taquipnea, quemaduras, heridas, tubos de drenaje, etc.

PESO CORPORAL	RECOMENDACIÓN DE FLUIDOS
< 1.500 g	130-150 ml/kg
1.500-2.000 g	110-130 ml/kg
2-10 kg	100 ml/kg
10-20 kg	1.000 ml por los primeros 10 kg más 50 ml/kg por los segundos 10 kg (máximo de 1.500 ml)
> 20 kg	1.500 ml por los primeros 20 kg más 20 ml/kg por los kilos que superen 20 kg (máximo de 2.000-2.500 ml/día)

Tabla 3. *Requerimientos de fluidos según el peso (5, 6)*

Los requerimientos de fluidos enterales o parenterales son esencialmente los mismos. Si no hay diarrea, la pérdida de agua en las heces es baja. En pacientes con diarrea la pérdida de fluidos por esta vía puede ser importante y debe corregirse incrementando proporcionalmente los aportes. Lo mismo ocurre si la pérdida se produce a través de una ostomía.

En relación con los requerimientos de electrolitos, en la tabla 4 se recogen las recomendaciones generales para pacientes con funciones orgánicas normales. Los requerimientos de calcio y fósforo en el neonato y el lactante son diferentes de los de los niños mayores y muy distintos de los del adulto. En niños que pesan más de 50 kg se utilizan los requerimientos de electrolitos de adultos.

En la nutrición parenteral las recomendaciones de calcio y fósforo están limitadas por su solu-

bilidad, aunque se evita utilizando fuentes orgánicas de fosfato. Para conseguir una mejor retención se recomienda una relación calcio: fósforo molar de 1,1-1,3/1 o una relación por peso de 1,3-1,7/1.

Se precisa la monitorización del agua y los electrolitos mediante el seguimiento de peso, constantes hemodinámicas, diuresis y parámetros analíticos. Hay que considerar que en pacientes con insuficiencia renal o cardíaca es necesaria la restricción hídrica. El aporte de exceso de fluidos en recién nacidos de bajo peso puede asociarse a la persistencia de ductus arterioso.

Energía

Los requerimientos energéticos deben ser suficientes para cubrir las necesidades nutricionales del paciente: metabolismo basal, actividad física, crecimiento y corrección de la

ELECTROLITO	NEONATO PRETÉRMINO	LACTANTES Y NIÑOS	ADOLESCENTES Y NIÑOS < 50 kg
Sodio	2-5 mEq/kg/día	2-5 mEq/kg/día	1-2 mEq/kg/día
Potasio	2-4 mEq/kg/día	2-4 mEq/kg/día	1-2 mEq/kg/día
Calcio	2-4 mEq/kg/día	0,5-4 mEq/kg/día	10-20 mEq
Fósforo	1-2 mmol/kg/día	0,5-2 mmol/kg/día	10-40 mmol
Magnesio	0,3-0,5 mEq/kg/día	0,3-0,5 mEq/kg/día	10-30 mEq
Acetato	Lo necesario para mantener el equilibrio ácido-base		
Cloruro	Lo necesario para mantener el equilibrio ácido-base		

Tabla 4. *Requerimientos de sodio y potasio parenteral en función de la edad (5)*

EDAD	REQUERIMIENTOS DIARIOS (Kcal/kg/día)
Neonato pretérmino	90-120
< 6 meses	85-105
6-12 meses	80-100
1-7 años	75-90
7-12 años	50-75
> 12-18 años	30-50
> 18	25-30

Tabla 5. *Requerimientos energéticos (5, 7, 8)*

malnutrición existente. El aporte de energía en exceso puede producir hiperglucemia, incremento de la masa grasa y depósitos de grasa en el hígado, entre otros efectos adversos. El aporte insuficiente puede provocar malnutrición, respuesta inmunológica inadecuada y alteraciones en el crecimiento.

El aporte energético varía con la edad, situación clínica o enfermedad de base del paciente. Tradicionalmente se ha hecho gran énfasis en el estrés como un factor que hay que tener en cuenta para el cálculo del balance energético. No obstante, diferentes estudios en niños sometidos a cirugía o ingresados en unidades críticas demuestran que el aumento del gasto se produce sólo en las primeras 24 horas y se ve compensado en parte por la inactividad propia del paciente encamado. Los pacientes con fiebre necesitan un 12% más de aportes por cada grado centígrado por encima de 37°C (tabla 5).

Existen otras ecuaciones más específicas para el cálculo de las necesidades energéticas; las más conocidas son: Schofield, OMS, Harris-Benedict, para distintos tramos de edad y en función del sexo. Están también disponibles ecuaciones para lactantes, pacientes críticos y adolescentes obesos (4, 9).

En general, se necesitan mayores aportes calóricos si los nutrientes se administran por vía enteral que por parenteral.

Proteínas

Son los principales componentes estructurales y funcionales de las células en el organismo. La cantidad necesaria para neonatos y niños es mayor que en adultos. Los neonatos difieren cualitativamente de los adultos en que no son capaces de sintetizar determinados aminoácidos. Para niños hasta 12 meses de edad el perfil de aminoácidos de referencia es el del que contiene la leche materna. Además de los aminoácidos esenciales, la cisteína, tirosina, histidina, taurina, glutamina y arginina se consideran "condicionalmente esenciales" en niños y especialmente en prematuros debido a que diversas vías metabólicas están inmaduras, por lo que son incapaces de sintetizarlos. La taurina puede mejorar la colestasis neonatal y prevenir las alteraciones retinianas y la histidina es un aminoácido condicionalmente esencial en neonatos hasta 6 meses y su carencia produce ausencia o retraso en el crecimiento. El perfil de aminoácidos pediátricos contiene menos glicina, metionina y fenilalanina que los aminoácidos de adultos. Los recién nacidos de muy bajo peso tienen requerimientos proteicos elevados (2-4 g/kg/día) para mantener un crecimiento similar al que tenían en el útero (tabla 6).

En los pacientes críticos los requerimientos están incrementados y deben ser suficientes para

EDAD	REQUERIMIENTOS PROTEICOS g/kg/día
Neonatos de bajo peso	3-4
Neonatos a término	2-3
Niños de 1-10 años	1-1,2
Adolescentes	0,8-0,9
Pacientes críticos de 0-2 años	2-3
Pacientes críticos de 2-13 años	1,5-2
Pacientes críticos (niños y adolescentes)	1,5

Tabla 6. *Requerimientos proteicos (4, 7, 10)*

la síntesis proteica, facilitar la curación de heridas y la respuesta inflamatoria y preservar la masa muscular.

La administración de cantidades superiores a las recomendadas, entre 4 y 6 g/kg/día, da lugar a efectos adversos como azoemia, acidosis metabólica y alteraciones en el desarrollo neurológico.

En relación con el aporte de glutamina, a diferencia de los pacientes adultos, en los niños actualmente no existen evidencias para recomendar la suplementación, ya que no ha demostrado descenso en la mortalidad, sepsis, incidencia de enterocolitis necrotizante o el aumento de la tolerancia a la nutrición enteral.

Los requerimientos de proteínas por vía parenteral son menores que por la enteral debido a que no pasan por el tracto gastrointestinal.

Hidratos de carbono

Constituyen el principal componente tanto de la nutrición enteral como parenteral. Deben suponer el 40-50% del aporte calórico total. La glucosa es la principal fuente de energía para cerebro, eritrocitos y médula renal y resulta imprescindible para reparar el tejido dañado. Se pueden aportar en forma de:

- Monosacáridos: glucosa y fructosa.
- Disacáridos: lactosa, sacarosa y maltosa.
- Carbohidratos complejos: almidones.

NUTRICIÓN ENTERAL

La composición de carbohidratos debe ser lactosa y polímeros de glucosa. La primera parece disminuir el pH intestinal, facilitando la absorción de algunos minerales, como el calcio, y el desarrollo de la flora intestinal. No obstante, los recién nacidos pretérmino pueden ser incapaces de digerir la lactosa debido a un déficit de actividad de la lactasa intestinal.

NUTRICIÓN PARENTERAL

Se aporta como D-glucosa y es el componente que más contribuye a la osmolaridad de la nutrición parenteral.

En neonatos y recién nacidos pretérmino los aportes de glucosa han de ser progresivos y dependientes de la edad para evitar la hiperglucemia y la diuresis osmótica.

La velocidad de oxidación de la glucosa es inversamente proporcional a la edad, siendo mucho mayor en niños que en adultos (16 frente a 4-6 mg/kg/minuto). Los neonatos pretérmino tienen una tolerancia a la glucosa impredecible: requieren en algunos casos cantidades elevadas de glucosa para mantener la euglucemia y en otros pueden ser intolerantes cuando se realizan incrementos conservadores de dosis.

En pacientes estables se recomienda que el 40-45% del total de calorías aportadas sea en forma de carbohidratos. En neonatos pretérmino la administración parenteral de glucosa debe iniciarse con una dosis de 6-12 mg/kg/día para mantener unos niveles adecuados de glucosa. Se puede incrementar los aportes en 1,5-3 mg/kg/día hasta alcanzar 20 g/kg/día. Menores cantidades pueden producir hipoglucemias debido a la inmadurez hepática de producción de glucosa. En neonatos a término puede ser adecuada la dosis de 14 a 20 g/kg/día, ya que tiene mayor tolerancia (tabla 7).

El aporte excesivo de glucosa puede producir hiperglucemia, especialmente en pacientes críticos, donde se ha asociado con incremento de la estancia hospitalaria, mortalidad, lipogénesis y, como consecuencia, aumento de la masa grasa, esteatosis hepática y alteraciones en la función hepática.

Lípidos

Se recomienda que su aporte sea del 40-55% del aporte calórico total. Las necesidades son mayores en recién nacidos y lactantes que en el adulto

EDAD	DOSIS DE GLUCOSA
Neonatos pretérmino	Dosis de inicio: 6-12 g/kg/día Incrementos: 1,5-3 g/kg/día Máximo: 16-18 g/kg/día
Neonatos a término y niños hasta 2 años	Dosis de inicio: 5-10 g/kg/día Incrementos: 5 g/kg/día Máximo: 16-18 g/kg/día
Niños > 2 años	Dosis de inicio: 4-7 g/kg/día Máximo: 12-14 g/kg/día

Tabla 7. *Requerimientos de glucosa en la nutrición parenteral (adaptada de referencias 9, 11)*

EDAD	DOSIS DE INICIO (g/kg/día)	INCREMENTOS (g/kg/día)	DOSIS MÁXIMA (g/kg/día)
Neonatos pretérmino	0,25-0,5	0,25-0,5	3
Neonatos a término	0,5-1	0,5-1	4
Lactantes	1	0,5-1	4
Niños	1	1	2-3

Tabla 8. *Requerimientos de lípidos en la nutrición parenteral (9, 11)*

(en la leche materna y las fórmulas infantiles los lípidos constituyen el 40-50% del total de calorías). Los lípidos deben administrarse desde el primer día ya que los prematuros no tienen reservas de ácidos grasos esenciales y pueden desarrollar deficiencia de ellos muy rápidamente, especialmente los prematuros de muy bajo peso, en los que aparecen síntomas clínicos a los 7-10 días.

NUTRICIÓN PARENTERAL

Se recomienda iniciar con 0,25-0,5 g/kg/día e incrementar progresivamente para controlar la hipertrigliceridemia. Se consideran aceptables valores inferiores a 200 mg/dl en prematuros e inferiores a 400 mg/dl en niños. En pacientes en los que es necesario disminuir los aportes de lípidos se debe garantizar el aporte de ácidos grasos esenciales administrando como mínimo 0,5-1 g/kg/día.

La administración de lípidos en la nutrición parenteral tiene un efecto vasoprotector (tabla 8).

NUTRICIÓN ENTERAL

En general, los requerimientos de lípidos son de 5-7 g/kg/día o de 4,5-6 g/100 Kcal.

Los prematuros, especialmente los menores de 34 semanas de gestación, absorben y utilizan mejor los triglicéridos de cadena media (MCT) que los de cadena larga (LCT) debido a que la cantidad de sales biliares es baja. Las fórmulas infantiles incluyen distintas concentraciones de LCT y MCT. Hay que considerar que MCT no aporta ácidos grasos esenciales y no facilita la absorción de minerales, por lo que en dietas con un contenido en MCT superior al 80% han de suplementarse con vitaminas liposolubles y ácidos grasos esenciales.

Recomendaciones de vitaminas y oligoelementos

Los oligoelementos son micronutrientes esenciales ya que son cofactores de diversos sistemas enzimáticos. En nutrición parenteral los oligoelementos hay que administrarlos de forma conjunta, ya que en España no están dispo-

	0-6 meses	7-12 meses	1-3 años	4-8 años	9-13 años	14-18 años
OLIGOELEMENTOS	Sodio (g)	0,12	0,37	1	1,2	1,5
	Potasio (g)	0,4	0,7	3	3,8	4,5
	Cloro (g)	0,18	0,57	1,5	1,9	2,3
	Calcio (mg)	210	270	500	800	1.300
	Fósforo (mg)	100	275	460	500	1.250
	Magnesio (mg)	30	75	80	130	240
	Hierro (mg)	0,27	11	7	10	8
	Cobre (µg)	200	220	340	440	700
	Cinc (mg)	2	3	3	5	8
	Selenio (µg)	15	20	20	30	40
	Manganeso (mg)	0,003	0,6	1,2	1,5	1,9
	Molibdeno (µg)	2	3	17	22	34
	Flúor (mg)	0,01	0,5	0,7	1	2
	Yodo (µg)	110	130	90	90	120
	Cromo (µg)	0,2	5,5	11	15	25
	VITAMINAS	Vitamina D (µg)	5	5	5	5
Vitamina E (mg)		4	5	6	7	11
Vitamina C (mg)		40	50	15	25	45
Tiamina (mg)		0,2	0,3	0,5	0,6	0,9
Riboflavina (mg)		0,3	0,4	0,5	0,6	0,9
Niacina (mg)		2	4	6	8	12
Vitamina B6 (mg)		0,1	0,3	0,5	0,6	1
Folato (µg)		65	80	150	200	300
Vitamina B12 (µg)		0,4	0,5	0,9	1,2	1,8
A. pant (mg)		1,7	1,8	2	3	4
Biotina (µg)		5	6	8	12	20
Colina (mg)		125	150	200	250	375
Vitamina K (µg)		2	2,5	30	55	60

Tabla 9. *Ingesta dietética diaria de referencia para minerales y oligoelementos*

nibles por separado, excepto el cinc. En caso de colestasis se debe tener precaución con el cobre y el manganeso porque se eliminan por vía hepatobiliar y existe riesgo de acumulación. El manganeso a dosis elevadas es un tóxico para el hígado y el SNC. En caso de enfermedad renal se debe tener precaución con el selenio, molibdeno y cromo.

Los requerimientos de cinc están incrementados en pacientes con estrés metabólico (quemados y traumatizados) o en los que presentan elevadas pérdidas gastrointestinales por fístulas, diarrea, ostomía, etc.

En relación con las vitaminas son también componentes esenciales necesarios para el metabolismo y mantenimiento de la función celular. Hay que administrar liposolubles e hidrosolubles, tanto en nutrición parenteral como enteral. En pacientes anticoagulados o con alteraciones en la coagulación se ha de tener presente que los preparados multivitámicos contienen vitamina K.

Las recomendaciones de ingesta diaria de minerales, oligoelementos y vitaminas se muestran en la tabla 9 (12).

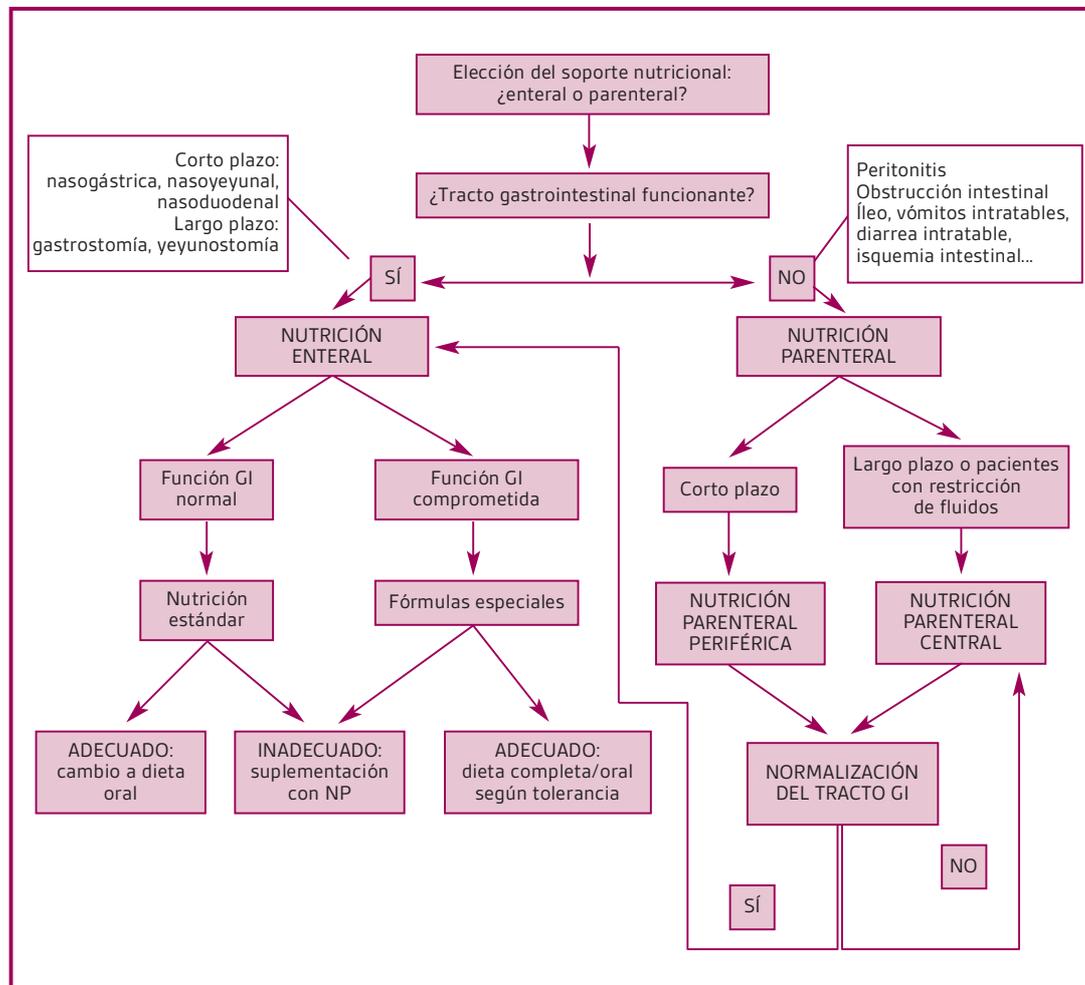


Figura 1. Elección de la vía de administración de soporte nutricional (12)

ELECCIÓN DEL SOPORTE NUTRICIONAL: ¿NUTRICIÓN PARENTERAL O ENTERAL?

La elección de la ruta de administración del soporte nutricional (oral, enteral y parenteral) debe hacerse de manera individualizada en función de la situación clínica y siguiendo el principio básico de "lo menos invasiva posible". Por ello la nutrición enteral debe ser de preferencia frente a la parenteral. El soporte nutricional parenteral ha de utilizarse cuando el tracto gastrointestinal no es funcional o accesible o si las necesidades del paciente son mayores de lo que es posible administrar a través del tracto gastrointestinal.

En la figura 1 se esquematiza el árbol de decisión para la elección de la ruta de administración de la nutrición artificial.

La principal indicación para la nutrición parenteral es el fracaso intestinal, de manera que el tracto gastrointestinal no puede asimilar los nutrientes necesarios. Esto ocurre por ejemplo en el íleo en pacientes con poca superficie de absorción (síndrome de intestino corto) o con alteraciones en la motilidad. Los niños prematuros presentan un tracto gastrointestinal intacto pero inmaduro, lo que es una barrera para una adecuada nutrición oral (13-16).

INDICACIONES DE LA NUTRICIÓN PARENTERAL

La nutrición parenteral está indicada en pacientes que no pueden cubrir adecuadamente sus necesidades por vía oral o enteral. Esto puede ocurrir en niños con malnutrición crónica, en casos agudos debido a una enfermedad y en postoperados. Las situaciones clínicas más frecuentes son:

- Prematuros debido a la inmadurez del tracto gastrointestinal.
- Lactantes y niños en los que se prevé una situación de ayuno absoluto en períodos superiores a 5 días cuando es imposible la vía enteral por la patología del paciente o la ingesta resulta inferior al 50% de lo reco-

mendado durante 7 días o antes si existe desnutrición. Estas situaciones clínicas pueden presentarse en pacientes con enterocolitis necrotizante, pancreatitis grave, enfermedad injerto frente al huésped, etc.

- Absorción inadecuada de nutrientes, como en el síndrome de intestino corto, la pseudo-obstrucción intestinal, la diarrea grave prolongada, etc.

VÍAS DE ACCESO DE LA NUTRICIÓN PARENTERAL

Periférica

Está indicada en la nutrición de corta duración, cuando la duración prevista es limitada en el tiempo o si los requerimientos son bajos (p.e., cuando se utiliza como complemento de la nutrición enteral). Hay que considerar siempre que se usa esta vía la osmolaridad de la mezcla, ya que osmolaridades superiores a 600-800 mOsm/l están contraindicadas por el riesgo elevado de flebitis y extravasación. En general, es válida para la administración de 0,6-0,8 Kcal/ml.

Por ello la vía de acceso periférico no está indicada en las siguientes situaciones clínicas: cuando se necesita una nutrición parenteral completa de duración prolongada (desnutrición grave), en pacientes con restricción de fluidos (insuficiencia renal o cardíaca debido a la necesidad de concentrar la mezcla) o cuando las necesidades de electrolitos son elevadas.

Central

Permite la administración de nutrición parenteral con elevada densidad calórica (1-1,2 Kcal/ml) y elevada osmolaridad sin riesgo de flebitis. En esta situación se encuentran pacientes con enfermedad cardíaca, fallo renal o hepático y síndrome de insuficiencia respiratoria en los que es necesaria la restricción de volumen. Los tipos de acceso venoso central son:

- Catéter umbilical: es una vía única en niños que se coloca en las primeras horas de vida.

Habitualmente se retira antes del día 14 debido al riesgo de trombosis e infección.

- Catéter epicutáneo (PICC): se trata de un catéter central de colocación percutánea tanto a través de venas centrales como periféricas. Está indicado cuando la duración de la nutrición parenteral se sitúa entre 3 y 4 semanas.
- Catéter central tunelizado de larga duración: precisa inserción quirúrgica. Está indicado en la nutrición parenteral superior a 4 semanas o en nutrición parenteral domiciliaria.
- Reservorio subcutáneo: *port-a-cath*, con una membrana de silicona, es válido para 2.000 punciones. No resulta muy adecuado para la nutrición parenteral, por lo que se aprovecha sólo si el paciente ya lo tenía implantado previamente (9).

COMPLICACIONES DE LA VÍA PARENTERAL

Las principales son:

Técnicas o mecánicas

Incluyen problemas relacionados con la inserción del catéter, como neumotórax, hemotórax, taponamiento cardíaco o mal funcionamiento del equipo. La trombosis del catéter es un problema importante que puede ocurrir hasta en el 50% de los catéteres centrales.

Infecciosas

Son las complicaciones más frecuentes; pueden producirse hasta en el 60% de los catéteres de nutrición parenteral de larga duración. Los síntomas incluyen fiebre, eritema e intolerancia inesperada a la glucosa. Los patógenos más frecuentes forman parte de la flora endógena de la piel: estafilococo (50-60%), bacterias Gram negativas (30-40%) y hongos (5-10%). El tratamiento es empírico y se basa en la sensibilidad de los microorganismos prevalentes en la unidad de hospitalización, ajustando posteriormente el tratamiento según los cultivos obtenidos. No obstante, el mejor tra-

tamiento es el preventivo, realizando el lavado de manos antes de la manipulación del catéter, desinfectando la piel con clorhexidina al 2% y entrenando adecuadamente al personal en lo referente a inserción, uso y cuidados.

Metabólicas

Las más frecuentes son las alteraciones hepáticas, que ocurren en más del 50% de los pacientes con nutrición parenteral con duración superior a 2 semanas. Puede producirse una alteración de las enzimas hepáticas, esteatosis (esta complicación es más frecuente en pacientes adultos), colestasis (debido al aporte de un exceso de calorías, pacientes con síndrome de intestino corto, reposo intestinal prolongado, etc.) e hipertrigliceridemia.

Otra complicación en pacientes con nutrición parenteral de larga duración es la enfermedad metabólica ósea, cuyas causas son: resistencia a la vitamina D, aporte insuficiente de calcio y fósforo, exceso en el aporte de proteínas o acumulación de aluminio (contaminante de los productos utilizados para la elaboración de la nutrición parenteral).

Recientemente se han descrito las complicaciones de la sobrenutrición en pacientes críticos pediátricos; entre ellas, el incremento del trabajo ventilatorio, con aumento de la producción de dióxido de carbono, lo que puede ocasionar un incremento de días con ventilación mecánica. Se ha asociado también con alteraciones en la función hepática (esteatosis y colestasis) e incremento del riesgo de infección secundario a la hiperglucemia (10).

NUTRICIÓN PARENTERAL EN EL NEONATO

Los pacientes neonatos presentan dos particularidades que los diferencian del resto de la población: escasas reservas de nutrientes e inmadurez de órganos y sistemas. En la primera semana presentan los siguientes hallazgos clínicos:

- Filtración glomerular disminuida.

FASE DE DESARROLLO	DURACIÓN	TIPO DE NUTRICIÓN	OBJETIVO
Período neonatal inmediato	Días-semanas	Nutrición parenteral Nutrición enteral	Minimizar el catabolismo Mantener el equilibrio bioquímico y el crecimiento
Período neonatal tardío y durante la hospitalización	Semanas-meses	Nutrición enteral	Crecimiento Alcanzar el percentil normal para la edad gestacional y la edad posnatal
Alta hospitalaria	Meses-años	Nutrición enteral	Crecimiento

Tabla 10. *Fases del soporte nutricional en el paciente neonato crítico (11)*

- Proteinuria.
- Glucosuria a concentraciones normales de glucosa.
- Hipoglucemia.
- Los niños de madres con diabetes gestacional pueden presentar hiperinsulinemia e hipoglucemia.

Los neonatos pretérmino tienen mayor riesgo nutricional debido a la escasez de sus reservas calóricas. Durante el tercer trimestre de embarazo tiene lugar el aumento significativo de sustrato (hueso, grasa y elementos traza). Se ha documentado que niños con peso inferior a 1.000 g tienen unas reservas calóricas de 90-110 Kcal/kg y la supervivencia en ayuno absoluto es de 4 días. Por ello es muy importante instaurar el soporte nutricional desde el primer día de vida. En la tabla 10 se describen las fases del soporte nutricional en un paciente neonato (17).

La administración de nutrición parenteral no impide el uso concomitante de la enteral. Los pacientes críticos necesitan un período de nutrición parenteral durante la transición a la enteral. Es recomendable conservar una mínima ingesta oral para conservar el trofismo intestinal y disminuir complicaciones metabólicas e infecciosas secundarias a la nutrición parenteral.

INDICACIONES DE LA NUTRICIÓN ENTERAL

La nutrición enteral consiste en la liberación de nutrientes, incluida la leche materna, en el tracto gastrointestinal mediante una vía de acceso adecuada. La administración de nutrición enteral está indicada principalmente en pacientes con incapacidad para ingerir suficiente cantidad de nutrientes por vía oral (total o parcialmente) pero que tienen un tracto gastrointestinal funcional (con capacidad absorbente adecuada y longitud suficiente para la absorción). Las situaciones clínicas que pueden dar lugar a que un paciente sea candidato a recibir soporte nutricional por vía enteral son:

- Ingesta oral insuficiente, como en el caso de pacientes con anorexia, malabsorción o incremento de los requerimientos.
- Tratamiento primario de enfermedades metabólicas, enfermedad de Crohn o intolerancia al ayuno.
- Alteración de la función motora oral, como en prematuros, o pacientes con daño neuromuscular.
- Anomalía estructural o funcional del aparato digestivo.
- Pacientes críticos, traumatizados, quemados, etc.

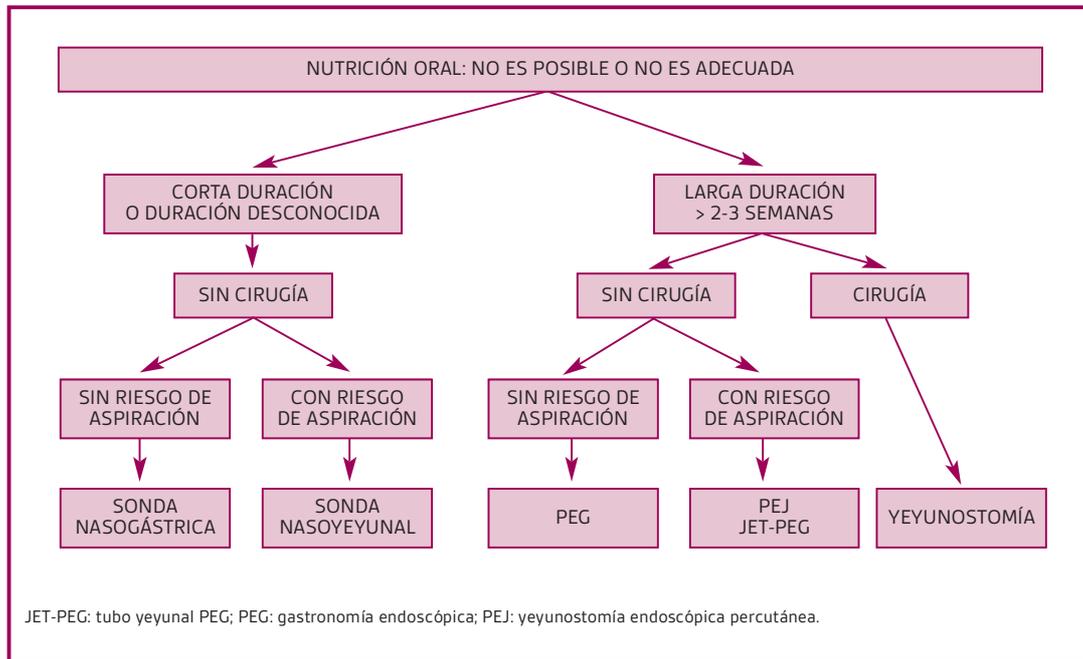


Figura 2. Selección de la ruta de nutrición enteral (18)

TIPO DE ACCESO DE LA NUTRICIÓN ENTERAL

Su elección es determinante para el éxito de la nutrición enteral. Se debe seleccionar el lugar óptimo de liberación del nutriente: estómago o intestino delgado, dependiendo de la enfermedad del paciente, la motilidad y la función gástrica e intestinal, la duración de la nutrición y la anatomía del tracto gastrointestinal (cirugía actual o previa). En la figura 2 se esquematiza la ruta de administración enteral (18).

Acceso gástrico

Es adecuado para pacientes con estómago funcionando y sin retrasos en el vaciado gástrico, obstrucción o fístula. Puede ser mediante:

- Sonda orogástrica o nasogástrica si la duración es inferior a 3 semanas.
- Gastrostomía si la duración prevista es superior a 3 semanas, hasta años.

Acceso en el intestino delgado

Resulta apropiado en pacientes con gastroparesis, pancreatitis y reflujo con riesgo de aspiración. Puede practicarse mediante:

- Sonda nasoyeyunal o sonda gastroyeyunal, en caso de duración corta. Presenta como inconveniente el riesgo de migración de la sonda.
- Yeyunostomía, adecuada en pacientes con riesgo de aspiración y en los que se prevé una larga duración de la nutrición artificial.

En relación con el tiempo de inicio de la nutrición, tradicionalmente se recomendaba que en pacientes postoperados se esperara a que la motilidad intestinal retornara a la normalidad, pero actualmente se aconseja que en pacientes postoperados la nutrición enteral se inicie a las 24-48 horas. Si se trata de la colocación de PEG (gastrostomía endoscópica percutánea), en lactantes y niños la nutrición puede iniciarse a las 6 horas (13).

EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA	
Dietas completas	Dietas poliméricas pediátricas: <ul style="list-style-type: none"> • Normoproteicas isocalóricas • Normoproteicas hipercalóricas • Hiperproteicas isocalóricas • Especiales: insuficiencias renal, hepática, respiratoria, etc. Dietas oligoméricas: proteínas hidrolizadas, con/sin MCT y sin lactosa Dietas elementales: proteínas como aminoácidos aislados
Dietas modulares	Principios inmediatos aislados como hidratos de carbono, lípidos o aminoácidos
Suplementos	No cubren las cantidades diarias de nutrientes recomendadas. No válidos como única fuente nutricional
EN FUNCIÓN DE LA EDAD DEL PACIENTE	
Lactantes	Leche materna Fórmulas de inicio y continuación (niños sanos) Hidrolizados proteína sérica/caseína Fórmulas de soja Fórmulas sin lactosa Módulos especiales Dietas elementales Fórmulas para pacientes con metabolopatías
Niños de 1-6 años	Dietas anteriores, de continuación Poliméricas normoproteicas normocalóricas con/sin fibra Poliméricas normoproteicas hipercalóricas con/sin fibra
Niños > 6 años	Dietas anteriores Dietas de adulto valorando: osmolaridad, composición y micronutrientes

Tabla 11. *Tipos de dietas enterales pediátricas*

En relación con el método, la administración mediante bolus (administración rápida de un determinado volumen en 10-15 minutos) o mediante gravedad puede iniciarse con el 25% del volumen total, incrementando el 25% cada día hasta alcanzar el volumen total deseado. Este sistema presenta la ventaja de la libertad para la deambulación, pero no es adecuado para el intestino delgado.

La administración mediante bomba es adecuada en pacientes con sonda yeyunal. La velocidad de administración inicial debe ser de 1-2 ml/kg/hora, con incrementos de 0,5-1 ml/kg/hora c/6-24 horas hasta alcanzar el volumen deseado. En pacientes pretérmino o niños malnutridos que han estado en ayuno

prolongado puede ser conveniente utilizar inicialmente volúmenes inferiores, de 0,5-1 ml/kg/hora.

En ocasiones se puede utilizar la nutrición cíclica, que consiste en la administración de la nutrición enteral durante 10 a 12 horas, que permite al paciente mayor libertad durante el día.

COMPLICACIONES DE LA VÍA ENTERAL

Son: defectos en la conexión de la vía, mala colocación o desplazamiento o complicaciones mecánicas (obstrucción de la sonda), alteraciones metabólicas, aspiración broncopulmonar, intolerancia gastrointestinal, contaminación de la fórmula e interacciones medicamento-alimento.

ELECCIÓN DE LA DIETA ENTERAL

Diversos factores afectan a la elección de la nutrición enteral más adecuada, entre ellos la edad y el estado nutricional del paciente, la patología de base y los requerimientos específicos, el estado funcional del aparato digestivo, la presencia de intolerancias específicas, trastornos metabólicos, la palatabilidad de la fórmula (en caso de administración oral) y el coste. En el mercado existen diversos tipos de dietas adaptadas a las necesidades específicas de los pacientes pediátricos (tabla 11).

Dietas poliméricas

Están destinadas a pacientes con función intestinal normal. Se caracterizan por la presencia de macronutrientes sin hidrolizar, son isotónicas, sin lactosa (contenido < al 1%) ni gluten y aptas para niños de 1 a 6 años hasta 10 años. Los lípidos están en forma de triglicéridos con mayor o menor contenido en MCT, dependiendo de la dieta. Los hidratos de carbono están formados por almidón y dextrinomaltoza de baja osmolaridad y fácil digestión y/o absorción.

Dietas hidrolizadas u oligoméricas

Las proteínas se obtienen por hidrólisis a partir de la caseína de la leche de vaca, de las proteínas del suero o de ambas. Los péptidos presentan un peso molecular inferior a 5.000 daltons. Están indicadas en pacientes con alergia o intolerancia a las proteínas de la leche de vaca, mala absorción de grasas (insuficiencia pancreática y colestasis crónica), enfermedad de Crohn, alteraciones graves de la absorción intestinal (fístulas digestivas, resección del intestino delgado y diarrea grave del lactante), peritonitis, etc. Presentan el inconveniente del mal sabor (debido a los aminoácidos azufrados, que aumentan según el grado de hidrólisis), la osmolaridad alta, que puede ocasionar diarrea osmótica, la elevada carga renal de solutos y el elevado coste.

Dietas elementales

Son dietas sintéticas, químicamente puras, en las que las proteínas se presentan como aminoácidos libres, los hidratos de carbono como políme-

ros de glucosa y las grasas como MCT en distinta proporción pero con contenido de LCT adecuado para evitar el déficit de ácidos grasos esenciales.

Están indicadas en pacientes con función gastrointestinal muy comprometida (casos rebeldes de alergia/intolerancia a proteínas de leche de vaca, síndrome de intestino corto, enfermedad inflamatoria intestinal, paso de nutrición parenteral a oral en alteraciones intestinales graves, etc.), enterocolitis o enteropatía que no responden a hidrolizados. Presentan la ventaja de que la absorción tiene lugar con una mínima digestión, ya que no se requiere esfuerzo a nivel gástrico, biliar, pancreático e intestinal. Permiten reposo intestinal y disminución del volumen fecal y tienen un potencial antigénico prácticamente nulo.

Como inconvenientes destacan el mal sabor, el elevado coste, la alta osmolaridad y la elevada carga renal de solutos.

Módulos nutricionales

Los módulos de proteínas se pueden utilizar para incrementar la densidad proteica; los módulos de polímeros de glucosa, grasas y MCT son adecuados cuando se necesita aumentar el contenido calórico de una fórmula infantil. Su utilización puede producir una ingesta desequilibrada en varios nutrientes; por ejemplo, el incremento en la densidad proteica puede ocasionar un aminograma con un perfil alterado y el incremento en la densidad calórica exceso de tejido adiposo en varios órganos.

MONITORIZACIÓN DEL PACIENTE CON SOPORTE NUTRICIONAL

Las complicaciones asociadas con la nutrición enteral y parenteral deben prevenirse con la monitorización y el ajuste de los aportes según la tolerancia y evolución del paciente.

Como ya se mencionó al principio del capítulo, inicialmente se debe evaluar peso, altura y circunferencia de la cabeza y reflejarlo en las curvas de crecimiento correspondientes. Una vez determinados los parámetros basales, la fre-

cuencia posterior de seguimiento es variable en función de la situación clínica del paciente (p.e., al principio diariamente y luego 2-3 veces/semana o cada semana).

Los neonatos pretérmino, pacientes críticos, con desnutrición grave con riesgo de síndrome de realimentación o durante el período de transición entre parenteral a enteral y/o dieta oral pueden necesitar monitorización más frecuente.

En general, en lactantes la ganancia de peso que se espera alcanzar es la siguiente:

- Niños con peso inferior a 2,5 kg, objetivo deseado: 15 g/kg/día.
- Niños de 2,5-3,5 kg, objetivo deseado: 10 g/kg/día.
- Niños de peso superior a 3,5 kg, objetivo deseado: 7 g/kg/día.

Se debe observar especial precaución cuando en un paciente muy desnutrido el inicio de nutrientes se realiza de forma rápida, ya que puede producirse el síndrome de realimentación, que consiste en un desequilibrio de fluidos y electrolitos, intolerancia a la glucosa y déficit de vitaminas. Estos cambios metabólicos pueden ser tan graves que comprometen la vida del paciente. Los cambios electrolíticos incluyen: hipofosfatemia, hipopotasemia e hipomagnesemia. Para evitar el riesgo de aparición, en la fase inicial de la realimentación se debe reducir el aporte de líquidos y sodio, hacer una corrección lenta de la hipopotasemia, hipofosfatemia e hipomagnesemia, efectuar un aporte inicial de proteínas limitado, administrar infusión continua de glucosa a un ritmo similar a la tasa de producción endógena, aportar vitaminas y oligoelementos y hacer un seguimiento clínico y analítico (19).

Monitorización en pacientes con nutrición enteral
Incluye:

- Evaluación del crecimiento y adecuación de la nutrición: datos antropométricos y valoración de los aportes al inicio, luego diaria-

mente y posteriormente c/semana/mes, según se precise.

- Tolerancia a la fórmula enteral: residuo gástrico, volumen, consistencia y aspecto de las heces.
- Parámetros de laboratorio: electrolitos, glucosa, BUN, creatinina, calcio, fósforo, magnesio, albúmina, prealbúmina, recuento sanguíneo, hierro y equilibrio ácido-base.

Monitorización en pacientes con nutrición parenteral

Incluye:

- Evaluación de incidentes relacionados con la infusión: complicaciones relacionadas con el catéter y la velocidad de infusión.
- Tolerancia al volumen administrado: medida de ingesta y diuresis, signos vitales y datos de laboratorio.
- Tolerancia a macronutrientes: la tolerancia a aminoácidos se evalúa determinando el BUN: si está elevado y no puede explicarse por cambios en la función renal, administración de medicamentos, sangrado o deshidratación, es necesario reevaluar el ratio de calorías no proteicas:calorías proteicas. El ratio ideal establecido debe encontrarse entre 150 y 200:1. Hay que evaluar el nivel de amonio y el de consciencia en pacientes con enfermedad hepática o en aquellos con trastornos congénitos del metabolismo. El aporte de glucosa se ha de ajustar en función de los niveles obtenidos tras su determinación. Si los niveles son superiores a 150 mg/dl, hay que disminuir los aportes o valorar la administración de insulina. Los triglicéridos deben mantenerse en niveles inferiores a 200 mg/dl para evitar la colestasis neonatal (4, 9).

ATENCIÓN FARMACÉUTICA. PRESENTACIÓN DE UN CASO CLÍNICO **Presentación del caso**

Paciente de 2 meses que a las 2 semanas del nacimiento desarrolla enterocolitis necrotizan-

te. Se precisó realizar una intervención quirúrgica, con resección intestinal, en la cual perdió el 50% de yeyuno terminal e íleo proximal. En la intervención le implantaron una sonda de gastrostomía y fue clampada hace 1 mes sin presentar problemas. Está recibiendo nutrición parenteral total continua, siendo su crecimiento y desarrollo normal, pero se detecta que presenta ictericia, por lo que se solicita analítica, en la que destaca que la cifra de bilirrubina total es de 8 mg/dl.

Cuestión planteada

El incremento en la bilirrubina total, ¿está relacionado con la administración de nutrición parenteral? ¿Cuál sería la mejor actuación para corregir la aparente colestasis?

Discusión

La colestasis hepática es una de las complicaciones más insidiosas que pueden aparecer en el transcurso del tratamiento con nutrición parenteral. La etiología es multifactorial: déficit de ácidos grasos esenciales, hiperamonemia, administración de fármacos, cirugía abdominal, aporte inadecuado de aminoácidos, inmadurez, hipoxia, sepsis, etc. Sin embargo, los factores más influyentes son la ausencia de alimentación enteral, la alimentación parenteral exclusiva y la cirugía intestinal.

Los signos clínicos suelen aparecer en pacientes que reciben nutrición parenteral exclusiva durante más de 30 días. Se caracteriza por hepatomegalia, ictericia, con valores de bilirrubina directa superiores a 2 mg/dl e incrementos en las concentraciones de transaminasas hepáticas. En este paciente la causa parece estar directamente relacionada con la duración de la nutrición parenteral y la cirugía abdominal previa.

La mayoría de los pacientes con colestasis evoluciona lentamente y recupera la función hepática tras el inicio de la alimentación enteral y la

supresión de la nutrición parenteral. Sin embargo, hay que tener en cuenta que hasta un 10% de los pacientes puede evolucionar hacia enfermedad hepática crónica con cirrosis e hipertensión portal (16, 17).

En el caso de este paciente la mejor actuación es iniciar nutrición enteral continua por la sonda de gastrostomía implantada. Se debería iniciar con bajos volúmenes, sin suspender la nutrición parenteral hasta asegurar la tolerancia a la nutrición enteral.

Aunque el paciente no tolere nutrición enteral a dosis totales, es importante la estimulación del tracto gastrointestinal, ya que en ocasiones la colestasis se puede resolver sin otras medidas terapéuticas.

Debe evitarse la ingesta excesiva de nutrientes y el aporte de aminoácidos ha de ser el mínimo posible que permite el crecimiento y desarrollo adecuados y un buen estado nutricional.

Hay que evitar o reducir el aporte de cobre y manganeso por el riesgo de acumulación en pacientes con alteraciones hepáticas, ya que puede producir hepatotoxicidad. Es necesario revisar los aportes de oligoelementos administrados.

Una opción sería la administración de ácido ursodeoxicólico (dosis de 10 a 30 mg/kg/día) o fenobarbital porque estimulan el flujo biliar y como consecuencia disminuyen el nivel de bilirrubina.

La dieta de elección debería ser una fórmula hidrolizada, en la que se facilita la absorción de nutrientes y se disminuye el trabajo intestinal. Entre las indicaciones de las fórmulas hidrolizadas están la malabsorción grave por síndrome de intestino corto, generalmente secundario a enterocolitis necrotizante, diarrea intratable, enfermedad hepatobiliar y desnutrición proteico-energética grave (14).

BIBLIOGRAFÍA

1. **Comité de Nutrición de la AEP.** *Sociedad de Pediatría de Madrid y Castilla La Mancha. Manual práctico de nutrición en pediatría.* Ergón: Madrid; 2007.
2. **Carrascosa Lezcano A, Fernández García JM, Fernández Ramos C, Ferrández Longás A, López-Siguero JP, Sánchez González E, et al; Grupo Colaborador Español.** *Estudio transversal español de crecimiento 2008. Parte II: valores de talla, peso e IMC desde el nacimiento a la talla adulta.* *An Pediatr (Barc).* 2008; 68: 552-69.
3. **WHO Multicentre Growth Reference Study Group.** *WHO child growth standard based on length/height, weight and age.* *Acta Paediatr.* 2006; Supl 405: 76-85.
4. **Koletzko B, Goulet O, Hunt J, Krohn K, Shamir R; Parenteral Nutrition Guidelines Working Group; European Society for Clinical Nutrition and Metabolism; European Society of Paediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition (ESPGHAN); European Society of Paediatric Research (ESPR).** 1. *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 Paediatr Gastroenterol Nutr.* 2005; 41 Suppl 2: S1-87.
5. **Mirallo J, Canada T, Johnson D, Kumpf V, Petersen C, Sacks G, et al; Task Force for the Revision of Safe Practices for Parenteral Nutrition.** *Safe practices for parenteral nutrition.* *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2004; 28: S39-70.
6. **Holliday MA, Segar WE.** *The maintenance need for water in parenteral fluid therapy.* *Pediatrics.* 1957; 19: 823-32.
7. **ASPEN Board of Directors and the Clinical Guidelines Task Force.** *Guidelines for the use of parenteral and enteral nutrition in adult and pediatric patients.* *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2002; 26 (1 Suppl): 1SA-138. Erratum en: *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2002; 26: 144.
8. **Fusch C, Bauer K, Böhles HJ, Jochum F, Koletzko B, Krawinkel M, et al; Working Group for Developing the Guidelines for Parenteral Nutrition of the German Society for Nutritional Medicine.** *Neonatology/paediatrics-guidelines on parenteral nutrition, chapter 13.* *Ger Med Sci.* 2009; 7: Doc 15.
9. **Gomis Muñoz P, Gómez López L, Martínez Costa C, Moreno Villares JM, Pedrón Giner C, Pérez-Portabella Maristany C, et al; Grupo de estandarización SENPE.** *Documento de Consenso. Nutrición parenteral pediátrica.* *Nutr Hosp.* 2007; 22: 710-9.
10. **American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (ASPEN) Board of Directors.** *Clinical guidelines for the use of parenteral and enteral nutrition in adult and pediatric patients, 2009.* *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2009; 33: 255-309.
11. **Food and Nutrition Board: Recommended daily dietary allowances, 10.^a ed.** *Report of the subcommittee on the tenth edition of the RDA.* *National Academy Press, National Research Council: Washington DC;* 1998.
12. **American Society for Parenteral and Enteral Nutrition.** *The ASPEN. Nutrition support practice manual. 2.^a ed.* ASPEN; 2005.
13. **Bankhead R, Boullata J, Brantley S, Corkins M, Guenter P, Krenitsky J, et al; ASPEN Board of Directors.** *Enteral nutrition practice recommendations.* *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2009; 33: 122-67.
14. **Puntis JWL.** *Nutritional support in neonatology.* En: *Sobotka L (ed.). Basics in clinical nutrition.* ESPEN. 3.^a ed. Galen; 2004. p. 425-39.
15. **Goulet O, Koletzko B.** *Nutritional support in children and adolescents.* En: *Sobotka L (ed.). Basics in clinical nutrition.* ESPEN. 3.^a ed. Galen; 2004. p. 439-62.
16. **Wessel J, Balint J, Crill C, Klotz K; American Society for Parenteral and Enteral Nutrition; Task Force on Standards for Specialized Nutrition Support for Hospitalized Pediatric patients.** *Standards for specialized nutrition support: hospitalized pediatric patients.* *Nutr Clin Pract.* 2005; 20: 103-16.
17. **Peguero Monforte G.** *Alimentación parenteral en neonatología.* Mosby/Doyma Libros: Barcelona; 1995.
18. **Löser C, Aschl G, Hébuterne X, Mathus-Vliegen EM, Muscaritoli M, Niv Y, et al.** *ESPEN guidelines on artificial enteral nutrition—percutaneous endoscopic gastrostomy (PEG).* *Clin Nutr.* 2005; 24: 848-61.
19. **Dickerson R.** *Refeeding syndrome in the intensive care unit.* *Hosp Pharm.* 2002; 37: 770-5.

4

FARMACOCINÉTICA CLÍNICA EN PEDIATRÍA

Casilda Ortega de la Cruz y Ana Benito Reyes

Introducción	47	Monitorización de fármacos en pediatría	52
Cambios fisiológicos en las distintas etapas pediátricas y consecuencias farmacocinéticas	47	Atención farmacéutica	54
Absorción	47	Aminoglucósidos	55
Distribución	49	Vancomicina	56
Metabolismo	50	Antiepilépticos	57
Excreción	51	Digoxina	59
Patologías que afectan al comportamiento farmacocinético de los fármacos	51	Bibliografía	60
Fibrosis quística	52		
Ductus arterioso persistente	52		
Hipoxia neonatal	52		
Paciente oncohematológico	52		

INTRODUCCIÓN

Los cambios fisiológicos que se producen en la población pediátrica como consecuencia del desarrollo, el crecimiento o la maduración biológica dan lugar a alteraciones en la farmacocinética y en la farmacodinamia de la mayoría de los fármacos. Dichas alteraciones hacen que las necesidades de dosificación difieran de las de la población adulta y entre los niños de distinta edad. Además, diversas patologías pueden afectar al comportamiento farmacocinético, exigiendo muchas veces modificaciones posológicas adecuadas para evitar intoxicaciones o fracasos terapéuticos.

Considerando la heterogeneidad de la población pediátrica, la clasificación más habitual en los estudios farmacocinéticos es la siguiente: prematuros (edad gestacional < 38 semanas), recién nacidos a término (edad gestacional 38-42 semanas), neonatos (0-28 días), lactantes (29 días-1 año), niños (1-12 años) y adolescentes (13-18 años) (1, 2).

La monitorización de las concentraciones plasmáticas constituye el mejor método para esti-

mar las necesidades individuales de dosificación en pediatría ya que no sólo considera las alteraciones farmacocinéticas atribuibles a la edad, sino también las diferencias interindividuales y la influencia de otros factores, como incumplimiento, interacciones, infra- o sobredosificación, reacciones adversas y errores de medicación.

CAMBIOS FISIOLÓGICOS EN LAS DISTINTAS ETAPAS PEDIÁTRICAS Y CONSECUENCIAS FARMACOCINÉTICAS

Para entender el impacto que pueden tener los cambios fisiológicos del niño en los procesos farmacocinéticos básicos de absorción, distribución, metabolismo y excreción (proceso ADME), a continuación se recogen sus principales diferencias en las distintas edades pediátricas y respecto a la población adulta (tabla 1).

Absorción

ABSORCIÓN GASTROINTESTINAL

La mayoría de los fármacos administrados por vía oral se absorben por difusión pasiva. Entre los principales factores fisiológicos que regulan dicha absorción se encuentran (3):

ABSORCIÓN	DISTRIBUCIÓN	METABOLISMO	ELIMINACIÓN RENAL
<p>Gastrointestinal</p> <ul style="list-style-type: none"> • pH gástrico • Tiempo de vaciamiento gástrico • Tránsito intestinal • Tipo de alimentación • Superficie de absorción • Actividad enzimática • Flora bacteriana <p>Intramuscular</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flujo sanguíneo local • Masa muscular y contracciones musculares <p>Percutánea</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estructura de la capa córnea • Hidratación cutánea 	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo sanguíneo de órganos y tejidos • Volumen y composición de los compartimentos hídricos • Unión a proteínas plasmáticas • Afinidad tisular 	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de enzimas hepáticas • Alteraciones en el flujo sanguíneo hepático <p>Ambos aspectos modifican el efecto de primer paso hepático</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo sanguíneo renal • Filtración glomerular • Secreción tubular • Reabsorción tubular • pH urinario

Tabla 1. Factores relacionados con la edad que afectan a la farmacocinética

a) pH gástrico: oscila entre 6 y 8 al nacimiento y disminuye a 1,5-3 en las primeras 24 horas de vida. Esta reducción no ocurre en el prematuro debido a una inmadurez en el mecanismo de secreción (aclorhidria relativa). Entre las 24 y las 48 horas el pH aumenta de nuevo y no vuelve a producirse secreción ácida hasta los 10-15 días. Este período de aclorhidria se resuelve gradualmente y los valores de acidez del adulto se alcanzan después de los 2 años (4). La alcalinidad gástrica aumenta la biodisponibilidad de los fármacos que se inactivan en medio ácido, como penicilina G, y disminuye la absorción de los fármacos ácidos, como fenobarbital y fenitoína (5).

b) Motilidad gastrointestinal: el vaciamiento gástrico durante el período neonatal es irregular e impredecible; alcanza los valores del adulto a los 6-8 meses. Por ello, y dado que la mayoría de los medicamentos se absorben en el intestino delgado, la velocidad de absorción puede reducirse; sin embargo, la biodisponibilidad puede incrementarse debido al enlentecimiento del tránsito intestinal (4).

c) Función biliar y actividad de las enzimas pancreáticas: la secreción biliar está disminuida, lo que dificulta la absorción de medicamentos liposolubles tales como las vitaminas D y E; se alcanzan valores similares a los del adulto a lo largo del primer año de vida (6). Hasta los 4-6 meses de vida existe una deficiencia de α -amilasa intestinal, lo que provoca una absorción irregular e incompleta en medicamentos que se administran como profármacos y que necesitan esta enzima para hidrolizarse a su forma activa, como el palmitato de cloranfenicol.

d) Inmadurez de la membrana intestinal: puede producir la absorción de fármacos que normalmente no se absorben por esta vía, como los aminoglucósidos.

e) Colonización bacteriana intestinal: la velocidad de colonización del intestino por parte de la flora bacteriana es progresiva y variable a partir de las 4-8 horas de vida y alcanza los valores del adulto a los 4 años de edad (3, 4). Una repercusión inmediata de esto es la persisten-