

Hospital “Octavio de la Concepción de la Pedraja”. Holguín. Cuba

LA ECOGRAFÍA DEL CUADRICEPS COMO INDICADOR DE LA DEPLECIÓN ENERGÉTICO-NUTRIMENTAL EN LOS PACIENTES PEDIÁTRICOS CRÍTICAMENTE ENFERMOS

Alfredo Carlos Rodríguez Portelles¹, Taymí Castro Morales², Alberto Rubén Piriz Assa³, Arianna Maité Céspedes Rómulo⁴.

RESUMEN

Introducción: Los niños y adolescentes críticamente enfermos son particularmente vulnerables a la depleción energético-nutricional (DEN) y la muerte debido a la intensidad de la agresión y la injuria, la extensión y el impacto de la respuesta a la agresión, y también a las fallas en la prestación del apoyo nutricional. La DEN impacta especialmente a la masa magra corporal: sustrato anatomomorfológico del metabolismo. La ecografía del *cuadriceps* femoral podría indicar la gravedad de la DEN ocurrida en el paciente. No se tienen estudios previos en Cuba sobre el uso de la ecografía del *cuadriceps* como indicador imagenológico de la DEN. **Objetivo:** Estimar el comportamiento de la ecografía del *cuadriceps* como indicador imagenológico de la DEN en los pacientes pediátricos críticamente enfermos. **Locación del estudio:** Unidad de Cuidados Críticos (UCI) del Hospital “Octavio de la Concepción de la Pedraja” (ciudad de Holguín, Provincia de Holguín, Cuba). **Diseño del estudio:** Serie de casos. **Serie de estudio:** Setenta pacientes (Varones: 65.7 %; Edad promedio: 7.4 ± 5.0 años) atendidos en la UCI (Estadía hospitalaria: 16.1 ± 2.4 días; Tasa de ventilación mecánica: 28.6 %; Tasa de supervivencia: 90.0 %) entre Marzo del 2018 y Marzo del 2019 (ambos inclusive). **Métodos:** El estado nutricional del paciente, el balance energético, el balance proteico, y el grosor del *cuadriceps* (medido por ecografía del tercio medio del muslo no dominante) se obtuvieron transcurridos 5 y 10 días de estancia en la UCI. El grosor del *cuadriceps* se correlacionó con los cambios ocurridos en los balances energético y proteico. **Resultados:** El grosor en el *cuadriceps* femoral se comportó como sigue: Al ingreso: 1.60 ± 0.20 cm; A los 5 días: 1.58 ± 0.20 cm ($\Delta = -1.7\%$); A los 10 días: 1.49 ± 0.21 cm ($\Delta = -7.2\%$; $p < 0.05$); respectivamente. Una reducción acumulada del 12.4 % del grosor del *cuadriceps* se trasladó a un déficit energético $\geq 25\%$ (AUROC: 0.82; Sensibilidad: 0.92; Especificidad: 0.77). Mientras, una reducción acumulada del 11.7 % del grosor del *cuadriceps* se asoció con un déficit proteico $\geq 1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$ (AUROC: 0.80; Sensibilidad: 0.91; Especificidad:

¹ Médico. Especialista de Primer Grado en Medicina Intensiva y Emergencia Pediátrica. ² Médico. Especialista de Primer Grado en Medicina General Integral. Especialista de Primer Grado en Medicina Intensiva y Emergencia Pediátrica. ³ Médico. Especialista de Segundo Grado en Pediatría. Especialista de Segundo Grado en Medicina Intensiva y de Emergencias. Doctor en Ciencias Médicas. ⁴ Médico. Especialista de Primer Grado en Medicina General Integral. Especialista de Primer Grado en Pediatría.

Recibido: 5 de Julio del 2020. Aceptado: 15 de Agosto del 2020.

Alfredo Carlos Rodríguez Portelles. Unidad de Cuidados Intensivos. Hospital “Octavio de la Concepción de la Pedraja”. Holguín Provincia Holguín. Cuba.

Correo electrónico: daniaehlg@infomed.sld.cu.

0.81). **Conclusiones:** El grosor del *cuádriceps* (medido mediante ecografía) se asocia fuertemente con la DEN en los pacientes pediátricos críticamente enfermos. **Recomendaciones:** La ecografía del *cuádriceps* puede tener valor predictivo en la identificación y el seguimiento no invasivo y confiable de los pacientes con una importante deuda nutricional. **Rodríguez Portelles AC, Castro Morales T, Piriz Assa AR, Céspedes Rómulo AM.** La ecografía del *cuádriceps* como indicador de la depleción energético-nutricional en los pacientes pediátricos críticamente enfermos. *RCAN Rev Cubana Aliment Nutr* 2020;30(2):396-414. RNPS: 2221. ISSN: 1561-2929.

Palabras clave: *Cuádriceps / Ultrasonido / Ecografía / Pediatría / Desnutrición / Músculo esquelético / Proteínas.*

INTRODUCCIÓN

Se han identificado varias condiciones que hacen al niño críticamente enfermo particularmente vulnerable a las complicaciones (la desnutrición una de ellas) durante la estancia en una unidad de cuidados intensivos (UCI), la estadía prolongada en la institución, y la mortalidad hospitalaria.¹ El proceso inflamatorio asociado a (desencadenado por) la enfermedad ocasiona una respuesta metabólica aguda e intensa que suele resultar en hipercatabolismo y depleción proteica importante.²⁻⁴ Sobre este evento primario se superponen otros como los propios procedimientos terapéuticos (la cirugía y la ventilación mecánica por citar algunos de ellos) y la infección nosocomial.⁵⁻⁷

La vulnerabilidad clínica del niño críticamente enfermo también sería el resultado de prácticas asistenciales que han sido identificadas en el pasado una y otra vez.⁸ El adecuado aporte energético-nutricional es decisivo en la contención de la morbimortalidad de los niños críticamente enfermos.⁹ Sin embargo, es más frecuente de lo esperado (y deseado) la aparición de una importante deuda energético-nutricional en los pacientes atendidos en la UCI.¹⁰ La deuda energético-nutricional aparece como la diferencia entre los requerimientos nutricionales y los aportes hechos.¹¹ En tal sentido, varios estudios señalan que los

aportes hechos de nutrientes (energía entre ellos) solo representan (en el mejor de los casos) entre el 60 – 85 % de los requerimientos todavía en el octavo día de hospitalización en la UCI.¹¹⁻¹³ La suspensión de la vía oral y/o la privación del aporte de nutrientes colocan al niño en situación de semi-ayuno, ayuno total, e incluso de inanición prolongada,¹⁴ y con ello, de incapacidad de “montar” una respuesta orgánica ante la agresión debido a la desregulación de los sistemas periféricos de utilización de la energía metabólica.

Durante la respuesta a la agresión la movilización de las cantidades requeridas de energía y sustratos se produce a expensas de la masa corporal magra. Las cantidades movilizadas de aminoácidos glucogénicos (y la depleción concurrente de la masa muscular esquelética) exceden con mucho a las esperadas del solo confinamiento en el lecho, o la inanición no complicada.¹⁵

En el paciente críticamente enfermo la pérdida muscular suele alcanzar el 17 % del tamaño de este compartimento, y ocurre típicamente durante los primeros 10 días siguientes al ingreso en la UCI hospitalaria.¹⁶ Es inmediato que estas pérdidas se incrementan a medida que la enfermedad se agrava, y aparecen otras nuevas complicaciones.¹⁶⁻¹⁷ En consecuencia, la pérdida de la masa muscular más allá de un valor crítico pondría al paciente crítico en riesgo inminente de

muerte.¹⁸ En la misma cuerda, la pérdida muscular podría ser atenuada (por lo menos) con un adecuado soporte nutricional.¹⁹⁻²⁰

Además del diafragma, los músculos de las extremidades inferiores son los más propensos al hipercatabolismo, la depleción proteica, y la atrofia temprana.²¹⁻²² Durante los primeros 5 días de estancia del paciente en la UCI se suele constatar una gran disminución del grosor de las extremidades inferiores (si se les compara con los cambios que pudieran ocurrir en las extremidades superiores). Así, el grosor de los músculos de las extremidades inferiores se convierte en un excelente indicador antropométrico del tamaño de la masa muscular total.²³ Igualmente, y desde un punto de vista conceptual, el seguimiento de la pérdida de la masa muscular durante la estancia del paciente en la UCI hospitalaria podría permitir la exitosa identificación de aquellos pacientes que se beneficiarían máximamente de intervenciones nutricionales individualizadas.²⁴⁻²⁵

El *cuadriceps* femoral reúne en un solo grupo el recto femoral y los 3 vastos musculares (medial, intermedio y lateral) del muslo.²⁶ El gran volumen del *cuadriceps* femoral le permite funciones importantes para la estación bípeda y la deambulación del individuo como la flexión de la cadera y la extensión de la rodilla.²⁶ Esta misma propiedad haría del *cuadriceps* femoral un objetivo único de evaluación y seguimiento nutricionales. Se ha encontrado en los pacientes críticamente enfermos una pérdida de (al menos) el 12.5 % del área transversal del recto femoral tras 7 días de estancia en la UCI como resultado de la respuesta a la agresión, el hipercatabolismo, y la incapacidad de satisfacer los requerimientos nutrimentales aumentados del enfermo durante la fase aguda de la enfermedad.²⁷

Varios métodos experimentales se han descrito y validado para la medición *in vivo* del tamaño de la masa muscular esquelética (MME). Estos métodos recorren desde la

impedancia bioeléctrica (BIE),²⁸⁻³⁰ hasta la tomografía computarizada (TAC),³¹ la absorciometría doble de rayos X (DEXA),³² y la resonancia magnética nuclear (RMN).³³⁻³⁴ Es inmediato que todas estas técnicas no son aplicables a la cabecera del paciente, algunas requieren de exposición a radiaciones ionizantes, comportan un elevado costo, y plantean problemas adicionales de disponibilidad y acceso en los hospitales cubanos.

La ecografía (US) a pie de cama se ha convertido en una alternativa atractiva, inocua, reproducible y costo-efectiva para la medición del tamaño de la MME, y la cuantificación de la depleción muscular que ocurre durante la estancia del enfermo en la UCI.³⁵⁻³⁸ En consecuencia, la ecografía del *cuadriceps* femoral sería una importante herramienta para la cuantificación de la depleción proteica durante la estadía del niño en la UCI.³⁹ Un tamaño disminuido del *cuadriceps* femoral identificaría a los niños que han sufrido una importante depleción proteica, y por lo tanto, están en riesgo de deuda energético-nutricional; y los priorizará para la intervención nutricional.⁴⁰

En vista de lo anteriormente dicho, se ha conducido este estudio que ha tenido como objetivo primario describir los resultados de la aplicación de la ecografía en la medición del grosor del *cuadriceps* femoral en niños críticamente enfermos, y la cuantía ocurrida de la depleción proteica durante los primeros días de estadía en la UCI. El conocimiento de tal cuantía sirvió para establecer asociaciones entre el tamaño del *cuadriceps* femoral y la deuda energético-nutricional en un niño críticamente enfermo. Se ha de destacar que este estudio constituye el primero de su tipo en Cuba (hasta donde alcanza el conocimiento de los autores) del uso de la ecografía de grupos musculares como herramienta de evaluación y seguimiento nutricionales.

MATERIAL Y MÉTODO

Locación del estudio: Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos (UCIP) del Hospital Pediátrico “Octavio de la Concepción de la Pedraja”, de la ciudad de Holguín (Provincia Holguín, Cuba).

Diseño del estudio: Prospectivo, longitudinal, observacional y analítico a tipo serie de casos. El diseño del estudio previó 3 cortes transversales: *Primer corte:* A la admisión en la UCIP; *Segundo corte:* A los 5 días de admisión en la UCIP; y *Tercer corte:* A los 10 días de admisión en la UCIP.

Serie de estudio: Fueron elegibles para participar en la presente investigación los niños y adolescentes que ingresaron en la UCIP entre Marzo del 2018 y Marzo del 2019 (ambos inclusive) que permanecieron en la UCIP (al menos) 10 días, recibieron apoyo nutricional durante la estancia en la UCIP, y en los que se completaron los procedimientos experimentales contemplados en el diseño de la investigación.

De cada niño | adolescente finalmente incluido en la presente serie de estudio se obtuvieron el sexo (Masculino vs. Femenino), la edad, la causa del ingreso en la UCIP, la duración de la estadía en la UCIP (como los días transcurridos entre los momentos del egreso y el ingreso), el tipo de esquema de apoyo nutricional provisto (Enteral, Parenteral, Mixto: Enteral + Parenteral), la duración del esquema de apoyo nutricional, y la condición al egreso (Vivo vs. Fallecido). Las causas del ingreso en la UCIP se distribuyeron como sigue: Quirúrgicas, Neuroquirúrgicas, Neurológicas, Respiratorias, Cardiovasculares, Trauma, Sepsis + Choque; e Intoxicaciones. También se asentó el requerimiento de ventilación mecánica (VM) durante la estancia del niño | adolescente en la UCIP: Sí vs. No.

Mediciones antropométricas: De cada uno de los niños | adolescentes se obtuvieron la estatura (centímetro) y el peso corporal (kilogramo) de acuerdo con los procedimientos vigentes internacionalmente. La superficie corporal (SC: m²) se estimó de los valores de la estatura y el peso corporal mediante la ecuación de Mosteller.⁴¹

El Índice de Masa Corporal (IMC: kg.m⁻²) se calculó con los valores obtenidos de la estatura y el peso corporal.⁴² El estado nutricional del niño | adolescente se estableció del valor calculado del IMC:⁴² *Peso insuficiente para la Edad:* IMC < percentil 3 de las Tablas cubanas de Talla y Peso; *Peso suficiente para la Edad:* IMC entre los percentiles 3 – 90; y *Peso excesivo para la Edad:* IMC > percentil 90; respectivamente.

Implementación y seguimiento del esquema de apoyo nutricional: El esquema de apoyo nutricional se implementó en el niño | adolescente dentro de las primeras 72 horas después del ingreso hospitalario, una vez que se completaron las tareas de la reanimación, rehidratación y la resucitación, y se logró la estabilidad hemodinámica y metabólica.

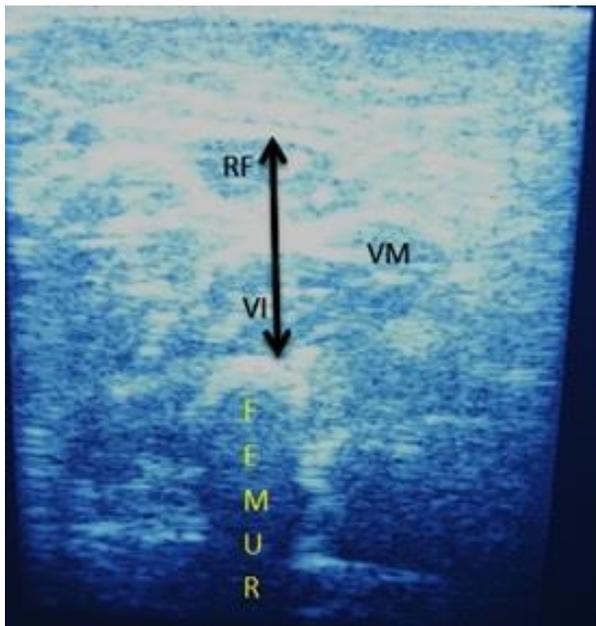
El esquema de apoyo nutricional se clasificó como sigue: *Enteral:* Aporte de nutrientes mediante un acceso colocado en un nivel especificado del tracto gastrointestinal (TGI); *Parenteral:* Aporte de nutrientes a través de un catéter colocado en un lecho venoso; y *Mixto:* Uso combinado de ambos esquemas para el aporte de nutrientes.

Los requerimientos diarios de energía se estimaron según el peso corporal del niño | adolescente mediante las ecuaciones predictivas desarrolladas por Schofield.⁴³⁻⁴⁴

Las cantidades a aportar de los macronutrientes como energía no proteica se ajustaron según la funcionalidad orgánica. Por su parte, las cantidades a suministrar de proteínas se ajustaron a 1 – 2 g.kg⁻¹.día⁻¹.⁴⁵ Mientras tanto, las cantidades necesarias de

micronutrientes se incluyeron en el esquema correspondiente de apoyo nutricional de acuerdo con los requerimientos diarios de nutrientes.⁴⁵

Figura 1. Ecografía del tercio medio del cuádriceps femoral del hemicuero no dominante en una niña de 2 años. La ecografía se realizó en modo bidimensional y con comprensión máxima del transductor. En la sección transversal se observan el recto femoral (RF), vasto intermedio (VI), vasto medial (VM), y el hueso fémur. La flecha señala los extremos para la mensuración.



Fuente: Cortesía de los autores.

Los ingresos diarios de las categorías macronutrientales se registraron apropiadamente. El balance energético (BE) se calculó de la diferencia entre los ingresos hechos y los requerimientos estimados de energía. El déficit energético se estableció ante ingresos de energía < 75 % de los requerimientos diarios.⁴⁵ Por su parte, el déficit proteico se diagnosticó ante ingresos diarios de proteínas < 1 g.kg⁻¹.día⁻¹.⁴⁵

Ecografía del cuádriceps femoral: El grosor del *cuádriceps* femoral fue medido en la propia cama del niño | adolescente. Las imágenes ecográficas del *cuádriceps* femoral se obtuvieron mediante una máquina JustVision©® 200 (Toshiba©®, Japón) operada siempre por el mismo especialista (ACRP). Para la medición del *cuádriceps* femoral se seleccionó la opción de “Partes blandas”, y se utilizó un transductor lineal en modo bidimensional y con rangos de frecuencias entre 7 – 13 MHz. Las mediciones se realizaron por triplicado en el hemicuero no dominante, y se registró el valor promedio para minimizar los sesgos incurridos.

Las mediciones del grosor del *cuádriceps* femoral se hicieron en 3 momentos diferentes de la evolución del niño | adolescente, a saber: los días 0 (momento del ingreso en la UCIP), 5 y 10 de estadía. La Figura 1 muestra las relaciones anatómicas empleadas como referencias en la medición del grosor del *cuádriceps* femoral. Con el paciente en decúbito supino, se trazó una línea imaginaria sobre el muslo entre los puntos medio de la espina ilíaca anteroinferior y el borde proximal de la patela. Con una cinta métrica inextensible se determinó el tercio inferior de la línea trazada. A continuación, se realizó un barrido en sentido caudocefálico a lo largo del tercio inferior de la línea imaginaria hasta el punto medio del borde proximal de la patela para encontrar el punto de mayor grosor del muslo. La distancia entre los bordes externos del recto femoral y el hueso fémur fue entonces obtenida en centímetro ejerciendo máxima presión con el transductor.

Se excluyeron del estudio aquellos enfermos en los que no se pudieron obtener las mediciones previstas del grosor del *cuádriceps* femoral debido a la amputación supracondílea de uno o ambos miembros inferiores, afecciones neuromusculares preexistentes, y daño muscular secundario a

causas autoinmunes, inflamación crónica, rabdomiolisis, y síndrome compartimental. También se excluyeron aquellos pacientes que se presentaron con una condición que hiciera imposible la medición del grosor del *cuadriceps* femoral debido a celulitis y abscedación de la cara anterior del muslo, e infiltración por edemas. Igualmente, se excluyeron de la serie de estudio aquellos pacientes que fallecieron antes de la realización de la segunda ecografía prevista en el décimo día de estancia en la UCIP.

Procesamiento de los datos y análisis estadístico-matemático de los resultados: Los datos demográficos, clínicos, sanitarios, antropométricos y ecográficos de los niños y adolescentes incluidos en la presente serie de estudio fueron anotados en los registros de la investigación, e ingresados en un contenedor digital construido sobre EXCEL para OFFICE de WINDOWS (Microsoft, Redmon, Virginia, Estados Unidos).

Los datos colectados fueron reducidos hasta estadígrafos de locación (media), dispersión (desviación estándar) y agregación (frecuencias absolutas | relativas, porcentajes), según el tipo de la variable; y como paso previo al análisis estadístico-matemático de los resultados.

En todas las instancias se empleó un nivel de significación $< 5\%$ para denotar las asociaciones como significativas.⁴⁶ En cada uno de los distintos momentos del diseño experimental de la investigación ($t = 0, 5, 10$ días) se estimó la correlación existente entre el grosor del *cuadriceps* femoral, por un lado; y las características antropométricas, por el otro; mediante el coeficiente de correlación de Pearson.⁴⁶ También se estimó la correlación existente entre el cambio ocurrido evolutivamente en el grosor del *cuadriceps* femoral durante la estancia del niño | adolescente ($t = 5$ días, 10 días) en la UCIP respecto del valor basal ($t = 0$ días); y las mediciones antropométricas hechas en el momento correspondiente.⁴⁶

Adicionalmente, se buscó aquel cambio en el grosor del *cuadriceps* femoral que se asociara con un déficit energético (DE) $\geq 25\%$, y un déficit proteico (DP) $\geq 1 \text{ g.kg}^{-1}.\text{día}^{-1}$, a los 5 y 10 días de estancia en la UCIP mediante la construcción de las correspondientes curvas de las características operacionales del receptor (COR).⁴⁷

Consideraciones éticas: La presente investigación se realizó conforme a los principios recogidos en la Declaración de Helsinki sobre la experimentación con seres humanos, y expresados en las normas éticas nacionales e institucionales vigentes.⁴⁸ El diseño de la investigación fue presentado, expuesto y aprobado por el Consejo Científico de la institución de pertenencia de los autores.

Fueron incluidos en la investigación los niños y adolescentes cuyos padres | guardas | custodios consintieron en ello después que se les explicó la naturaleza y los objetivos de la misma, y el carácter no invasivo de los procedimientos experimentales en ella contemplados. En todo momento se aseguró la libre participación del probando sin menoscabo de la atención médica que recibe en virtud de la condición clínico-quirúrgica que afronta. Asimismo, se preservó la discreción, la confidencialidad y el anonimato de los datos colectados de los probandos estudiados.

RESULTADOS

La Tabla 1 muestra las características demográficas, sanitarias, y clínicas de la serie de estudio. Durante la ventana de observación del estudio 432 niños y adolescentes fueron atendidos en la UCIP hospitalaria. De ellos, 70 (16.2 %) fueron incluidos en la investigación. Fueron mayoría los varones. La edad promedio fue de 7.4 ± 6.3 años.

Tabla 1. Características demográficas, clínicas y sanitarias de los niños y adolescentes incluidos en la presente serie de estudio. Se presentan el número y [entre corchetes] el porcentaje de los probandos incluidos en cada estrato de la categoría correspondiente. En instancias selectas se muestran la media \pm desviación estándar de la característica. Leyenda: UCIP: Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos.

| Característica | Hallazgos |
|--|----------------|
| Sexo | |
| • Masculino | 46 [65.7] |
| • Femenino | 24 [34.3] |
| Edad, años | 7.4 \pm 6.3 |
| Estadía en la UCIP, días | 16.1 \pm 4.5 |
| <i>Causa del ingreso en la UCIP</i> | |
| • Quirúrgicas | 26 [37.1] |
| • Neuroquirúrgicas | 6 [8.6] |
| • Neurológicas | 14 [20.0] |
| • Respiratorias | 10 [14.3] |
| • Cardiovasculares | 2 [2.9] |
| • Trauma | 3 [4.3] |
| • Sepsis + choque | 7 [10.0] |
| • Intoxicaciones | 2 [2.9] |
| Ventilación mecánica | 20 [] |
| <i>Esquema nutricional administrado</i> | |
| • Enteral | 50 [71.4] |
| • Parenteral | 15 [21.4] |
| • Mixtos | 5 [7.1] |
| Duración del esquema nutricional, días | 12.7 \pm 5.6 |
| <i>Condición al egreso</i> | |
| • Vivos | 63 [90.0] |
| • Fallecidos | 7 [10.0] |

Fuente: Registros del estudio.

Tamaño de la serie: 70.

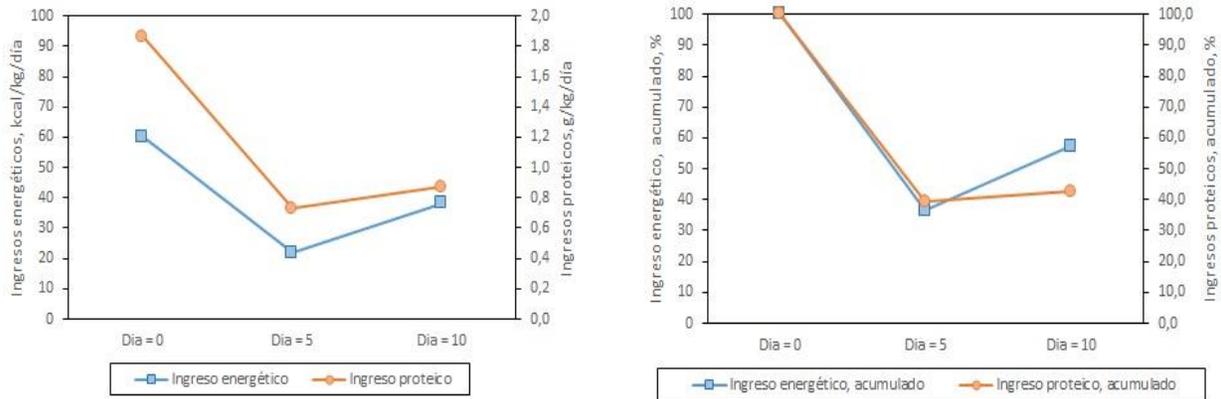
Las afecciones quirúrgicas (37.1 %), neurológicas (20.0 %) y respiratorias (14.3 %) fueron las principales causas de ingreso del probando en la UCIP. La estadía promedio en la UCIP fue de 16.1 \pm 4.5 días. La tasa de supervivencia fue del 90.0 %. El 28.6 % de los probandos requirió VM durante la estancia en la UCIP.

De acuerdo con el esquema de apoyo nutricional administrado, la serie de estudio se distribuyó como sigue: *Enteral*: 71.4 %; *Parenteral*: 21.4 %; y *Mixtos*: 7.1 %; respectivamente. La duración promedio del

esquema de apoyo nutricional fue de 12.7 \pm 5.6 días.

La Figura 2 muestra el comportamiento diario y acumulado de los aportes energéticos y proteicos hechos en los probandos estudiados. Los requerimientos diarios promedio se estimaron en: *Energía*: 59.9 \pm 14.3 kcal.kg⁻¹.24 horas⁻¹; *Proteínas*: 1.9 \pm 0.5 g.kg⁻¹.24 horas⁻¹; respectivamente.

Figura 2. Comportamiento de los aportes hechos de energía y proteínas a los niños y adolescentes atendidos en la Unidad hospitalaria de Cuidados Intensivos. *Izquierda:* Aportes diarios. *Derecha:* Aportes acumulados. Para más detalles: Consulte el texto del presente ensayo.



Fuente: Registros del estudio.
 Tamaño de la serie: 70.

Los ingresos hechos en el día 5 de estancia en la UCIP fueron como sigue: *Energía:* $21.9 \pm 12.8 \text{ kcal.kg}^{-1}.24 \text{ horas}^{-1}$; *Proteínas:* $0.7 \pm 0.3 \text{ g.kg}^{-1}.24 \text{ horas}^{-1}$. Los ingresos hechos representaron el 36.5 % y el 39.3 % de los requerimientos estimados de energía y proteínas, respectivamente. Mientras, los ingresos completados en el día 10 de estancia en la UCIP se comportaron como sigue: *Energía:* $38.1 \pm 9.3 \text{ kcal.kg}^{-1}.24 \text{ horas}^{-1}$; *Proteínas:* $0.9 \pm 0.4 \text{ g.kg}^{-1}.24 \text{ horas}^{-1}$. Los ingresos completados en el día 10 de estancia en la UCIP representaron el 57.3 % y el 42.6 % de los requerimientos estimados de energía y proteínas, respectivamente.

La Tabla 2 muestra las características antropométricas, ecográficas y nutricionales de los probandos estudiados en la presente investigación. El IMC promedio fue de $16.0 \pm 4.2 \text{ kg.m}^{-2}$. Se ha de notar que el valor promedio del IMC se corresponde con niños y adolescentes dentro de un rango de edades desde meses de vida hasta los 18 años.

De acuerdo con los fenotipos nutricionales, la serie de estudio se distribuyó como sigue: *Desnutrición:* 57.1 %; *Eutrofia:* 37.1 %; y *Exceso de peso:* 5.7 %; respectivamente.

Por su parte, el grosor promedio del *cuadriceps* femoral fue de $1.6 \pm 0.2 \text{ cm}$.

La Figura 3 muestra el cambio en el grosor del *cuadriceps* femoral ocurrido durante la estancia del niño | adolescente en la UCIP hospitalaria. Se constató una reducción acumulada del 7.2 % del grosor del grupo muscular en el décimo día de observación. En este momento, el grosor del *cuadriceps* femoral fue de $1.5 \pm 0.2 \text{ cm}$: el 92.7 % del valor inicial del indicador imagenológico.

La Tabla 3 muestra la correlación entre el grosor del *cuadriceps* femoral y las variables antropométricas que se emplean habitualmente como indicadores del estado nutricional.

Tabla 2. Características antropométricas, ecográficas y nutricionales de los niños y adolescentes incluidos en la presente serie de estudio. Se presentan la media \pm desviación estándar de la característica. En instancias selectas se muestran el número y [entre corchetes] el porcentaje de los probandos incluidos en el estrato de la categoría correspondiente. Para más detalles: Consulte el texto del presente ensayo. Leyenda: SC: Superficie corporal. IMC: Índice de Masa Corporal.

| Característica | Hallazgos |
|--|-----------------|
| Talla, cm | 106.7 \pm 3.7 |
| Peso, kg | 22.9 \pm 20.1 |
| SC, m ² | 0.79 \pm 0.47 |
| IMC, kg.m ⁻² | 16.0 \pm 4.2 |
| Estado nutricional | |
| • Desnutrición | 40 [57.1] |
| • Eutrofia | 26 [37.1] |
| • Exceso de peso | 4 [5.7] |
| Grosor del <i>cuadriceps</i> femoral, cm | 1.6 \pm 0.2 |

Fuente: Registros del estudio.
Tamaño de la serie: 70.

Las asociaciones entre el grosor del *cuadriceps* femoral por un lado, y las variables antropométricas por el otro lado; fueron significativas en todos los momentos de la ventana de observación del estudio.

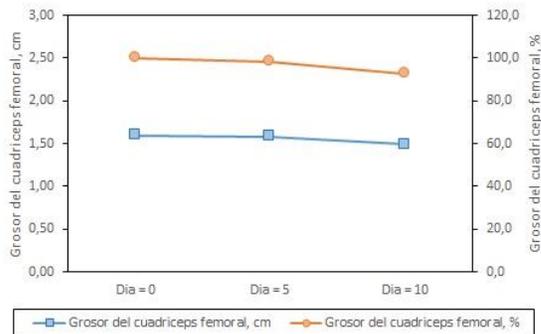
Tales asociaciones se modificaron cuando el grosor del *cuadriceps* femoral se transformó en un metámetro que expresara el cambio ocurrido en la variable respecto del valor inicial. El cambio en el grosor del *cuadriceps* femoral fue independiente de los valores registrados en las variables antropométricas en el quinto día de evolución en la UCIP (datos no mostrados). Sin embargo, el cambio en el grosor del *cuadriceps femoral* se asoció negativamente con las variables antropométricas (excepción hecha del IMC) en el décimo día de evolución. Estas asociaciones se comportaron de la manera siguiente (en

orden descendente): *Edad*: $r^2 = 0.595$ ($p < 0.05$); *Peso corporal*: $r^2 = 0.520$ ($p < 0.05$); *SC*: $r^2 = 0.520$ ($p < 0.05$); *Talla*: $r^2 = 0.306$ ($p < 0.05$); e *IMC*: $r^2 = 0.026$ ($p > 0.05$); respectivamente.

Finalmente, la Figura 4 muestra las curvas COR construidas para evaluar la capacidad discriminativa del grosor del *cuadriceps* femoral como indicador del déficit nutrimental. Si se establece un déficit energético ≥ 25 % como punto de corte que implique intervención inmediata, entonces a medida que el grosor del *cuadriceps* femoral disminuye, aumenta el número de probandos con déficits energéticos iguales/mayores que el punto de corte. La exactitud de la discriminación fue del 82.0 % (AUROC = 0.82; $p < 0.05$), indicando con ello que un probando que tenga un déficit energético ≥ 25 % es altamente probable que tenga una reducción significativa del grosor del *cuadriceps* femoral. Una reducción del 12.4 % del grosor del *cuadriceps* femoral en el décimo día de evolución en la UCIP se traslada a un déficit energético ≥ 25 % con una sensibilidad del 92.0 % y una especificidad del 77.0 %.

Por su parte, si se toma como punto de corte para la intervención nutricional un déficit proteico ≥ 1 g.kg⁻¹.día⁻¹, entonces la disminución del grosor del *cuadriceps* femoral se asocia con un número cada vez mayor de probandos en situación de déficit proteico importante. La exactitud discriminativa del grosor del *cuadriceps* femoral como indicador del déficit proteico ≥ 1 g.kg⁻¹.día⁻¹ fue del 80.6 % (AUROC = 0.806; $p < 0.05$). Una reducción del 11.7 % en el grosor del *cuadriceps* femoral acumulada en 10 días de estancia en la UCIP se asoció con una sensibilidad del 91.0 % y una especificidad del 82.0 %.

Figura 3. Cambio ocurrido en el grosor del *cuadriceps* femoral de los niños y adolescentes estudiados durante la estancia en la Unidad hospitalaria de Cuidados Intensivos. Se muestran el cambio absoluto (expresado en centímetro) y relativo (como porcentaje) del valor medido a la admisión en el estudio. Para más detalles: Consulte el texto del presente ensayo.



Fuente: Registros del estudio.
Tamaño de la serie: 70.

DISCUSIÓN

Este trabajo ha explorado por primera vez la utilidad del grosor del *cuadriceps* femoral como un indicador imagenológico del estado nutricional y la composición corporal de niños y adolescentes críticamente enfermos, y las asociaciones que el mismo establece con otros indicadores antropométricos empleados tradicionalmente en los ejercicios hospitalarios de evaluación nutricional y de seguimiento de la intervención nutricional. El grosor del *cuadriceps* femoral muestra una reducción gradual y progresiva durante los primeros 7 días de estancia del probando en la UCIP hospitalaria, reducción que se acentúa significativamente a partir del décimo día de evolución.

Asimismo, el cambio ocurrido en el grosor del *cuadriceps* femoral durante la ventana de observación del presente estudio podría reflejar una pérdida importante de peso, a expensas sobre todo del compartimento magro del peso corporal. Un estudio anterior mostró que, como promedio, la pérdida de peso de niños y adolescentes durante la hospitalización no superaría el 2.0 % del peso corporal registrado al ingreso hospitalario.⁴⁹ Sin embargo, la pérdida de peso sería mayor en los lactantes y los niños de corta edad, y en aquellos con estadías hospitalarias prolongadas, lo que reafirmaría el efecto nocivo de las noxas actuantes sobre el estado nutricional de niños y adolescentes durante la estancia en el hospital.⁴⁹

Se podría apreciar mejor el significado de la reducción observada en el grosor del *cuadriceps* femoral durante la hospitalización mediante el examen de las posibles correlaciones entre este indicador, por un lado; y los estimados del tamaño de la MME y/o el compartimento magro, por el otro; que se obtengan independientemente mediante antropometría, BIE y/o cuantificación de la excreción urinaria de creatinina. El compartimento magro participa de forma importante en el peso corporal de los niños y adolescentes, debido al pequeño tamaño concurrente del tejido adiposo.⁵⁰⁻⁵¹ Una reducción en el grosor del *cuadriceps* femoral que tal vez no sea estadísticamente significativa podría ser, sin embargo, importante desde el punto de vista fisiopatológico, sobre todo si se comprende que los niños y adolescentes enfermos atraviesan diferentes estadios del proceso de crecimiento y desarrollo.⁵¹⁻⁵²

La reducción observada en el grosor del *cuadriceps* femoral podría ser la resultante de tanto el impacto del problema de salud causante del ingreso del probando en la UCIP, como de la intensidad de la injuria sufrida, y la respuesta metabólica subsiguiente. Sobre estas causas se superpondrían la deprivación nutricional y/o

la capacidad de utilizar efectivamente los nutrientes infundidos como parte de los esquemas hospitalarios de apoyo nutricional.

La intensidad de la injuria podría medirse de la excreción urinaria de urea y su expresión como nitrógeno ureico (NU).⁵³⁻⁵⁵ El NU representaría el metabolito final de las rutas de degradación del músculo esquelético con fines energéticos durante los procesos de hipercatabolia. Cada gramo excretado diariamente de NUU equivaldría a 25 gramos de músculo esquelético. Luego, la excreción de 10 gramos de NUU representaría una pérdida de 250 gramos de músculo esquelético. Si se acumulan durante 6 días, las pérdidas sufridas de la MME sumarían 1.5 kilogramos de masa magra corporal.⁵³⁻⁵⁵

acuerdo con el modelo de la semiinanición no complicada) se trasladaría a la pérdida de 500 gramos de peso. Es solo inmediato que las deudas energéticas se acumularían en menos tiempo si el paciente atraviesa un importante estrés metabólico. También estas deudas metabólicas asumirían otros valores en lactantes y niños pequeños con una mayor tasa de hidratación de los tejidos magros corporales.

En el presente estudio la deuda nutrimental fue (en promedio) del 50.0 % de los requerimientos diarios de nutrientes del probando. La deuda nutrimental encontrada en este estudio fue superior a la reportada por Valla *et al.* (2017).⁵⁷ En el trabajo citado los ingresos promedio hechos de energía fueron de 49.4 kcal.kg⁻¹.día⁻¹.⁵⁷ Por su parte,

Tabla 3. Asociaciones entre el grosor del *cuadriceps* femoral de los niños y adolescentes estudiados y variables demográficas y antropométricas selectas. Se presentan el coeficiente r de correlación de Pearson, y la probabilidad asociada al coeficiente r² de determinación. Para más detalles: Consulte el texto del presente ensayo. Leyenda: SC: Superficie corporal. IMC: Índice de Masa Corporal.

| Momento de registro | | Edad | Talla | Peso corporal | SC | IMC |
|---------------------|------------------------|-----------|-----------|---------------|-----------|-----------|
| t = 0 | Grosor, cm | 0.757 | 0.799 | 0.718 | 0.776 | 0.486 |
| | | [0.573] † | [0.638] † | [0.515] † | [0.602] † | [0.236] † |
| t = 5 | Grosor, cm | 0.746 | 0.784 | 0.707 | 0.763 | 0.492 |
| | | [0.556] † | [0.614] † | [0.499] † | [0.582] † | [0.242] † |
| | Cambio en el grosor, % | -0.107 | -0.120 | -0.116 | -0.121 | -0.117 |
| | | [0.011] | [0.014] | [0.013] | [0.014] | [0.013] |
| t = 10 | Grosor, cm | 0.714 | 0.754 | 0.683 | 0.735 | 0.475 |
| | | [0.515] † | [0.572] † | [0.331] † | [0.540] † | [0.225] † |
| | Cambio en el grosor, % | -0.772 | -0.553 | -0.721 | -0.721 | -0.164 |
| | | [0.595] † | [0.306] † | [0.520] † | [0.520] † | [0.026] |

† p < 0.05

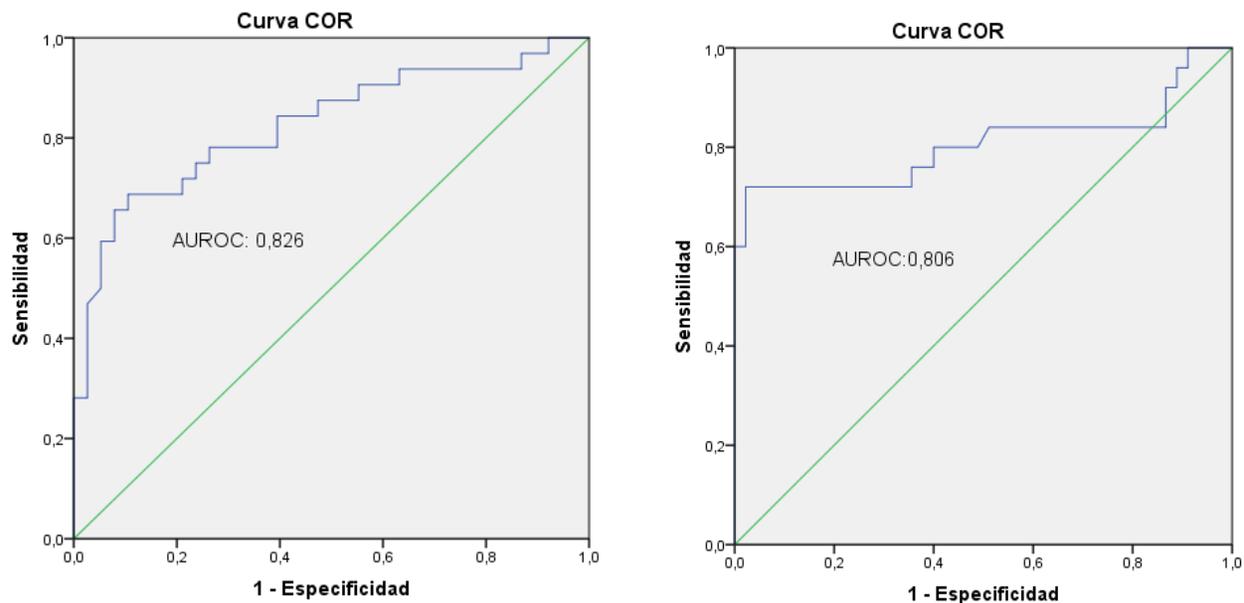
Fuente: Registros del estudio.

Tamaño de la serie: 70.

La privación energético-nutrimental también compondría otras de las causas de la reducción observada en el grosor del *cuadriceps* femoral.⁵⁶ Una deuda energética de 3,500 kcal acumulada durante 7 días (de

Pardo *et al.* (2018)⁵⁸ reportaron un ingreso promedio de 0.4 g.kg⁻¹.día⁻¹. En la opinión de estos autores, el insuficiente aporte proteico sería un factor importante de depleción en una UCIP hospitalaria.⁵⁸

Figura 4. Capacidad del grosor del *cuadriceps* femoral para discriminar la población estudiada respecto de puntos de corte seleccionadas para calificar ingresos deficitarios de energía y proteínas. La capacidad discriminativa se estimó mediante la construcción de las correspondientes curvas COR. *Izquierda*: Capacidad discriminativa del grosor del *cuadriceps* femoral ante un déficit energético $\geq 25\%$. *Derecha*: Capacidad discriminativa del grosor del *cuadriceps* femoral ante un déficit proteico $\geq 1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$. Para más detalles: Consulte el texto del presente ensayo.



Fuente: Registros del estudio.

Tamaño de la serie: 70.

De forma interesante, Pardo *et al.* (2018)⁵⁸ no encontraron una correlación significativa entre el cambio ocurrido en el tamaño de la masa muscular y el déficit energético-nutricional al cabo de 7 días de estancia en la UCIP: hallazgos similares a los vistos en el estudio reseñado en este ensayo.

El trabajo corriente se extendió para evaluar la capacidad discriminativa del grosor del *cuadriceps* femoral respecto de cotas especificadas de déficits energético y proteico. La reducción del 12.4 % del grosor del *cuadriceps* femoral en el décimo día de evolución en la UCIP se traslada a un déficit energético $\geq 25\%$ de los requerimientos

diarios con una exactitud del 82.6 %. Por su parte, la disminución en el 11.7 % del grosor del *cuadriceps* femoral acumulada en 10 días de estancia en la UCIP predijo un déficit proteico $\geq 1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$ en el décimo día de observación con una exactitud del 80.6 %.

Evidencias adicionales de la utilidad de la ecografía del *cuadriceps* femoral, y el uso del grosor de este grupo muscular como indicador imagenológico en el seguimiento nutricional de los niños y adolescentes críticamente enfermos, se obtuvieron de la sensibilidad lograda en la detección del cambio ocurrido entre dos momentos diferentes de observación. Puthucheary *et al.* (2013)⁵⁹ determinaron que cualquier técnica

que permitiera una detección exacta de (al menos) un 5 % en el cambio en el tamaño de la masa muscular sería recomendada con los fines expuestos más arriba. En el presente estudio la ecografía del *cuadriceps* femoral reportó un cambio en el grosor del grupo muscular > 7 % en el décimo día de observación. Se destaca, además, que la exactitud diagnóstica de la ecografía del *cuadriceps* femoral se alcanzó mediante evaluaciones seriadas, en contraste con otros estudios que han descansado en observaciones transversales.⁶⁰

CONCLUSIONES

La estancia en una UCIP hospitalaria puede causar una reducción importante en el grosor del *cuadriceps* femoral. La reducción ocurrida en el grosor de este grupo muscular pudiera predecir los déficits acumulados en los aportes de energía y proteínas que se hacen en niños y adolescentes críticamente enfermos.

Futuras extensiones

En futuras investigaciones se debería examinar la cuantía de la depleción muscular que representa la reducción observada en el grosor del *cuadriceps* femoral mediante el establecimiento de correlaciones con indicadores del tamaño de la MME como la excreción urinaria de creatinina,⁶¹ o técnicas alternativas de cuantificación de este compartimento corporal como la antropometría y la BIE.⁶² El cambio ocurrido en el grosor del *cuadriceps* femoral se podría correlacionar también con la excreción del NUU.⁵³⁻⁵⁵ Igualmente, se debería evaluar el cambio que ocurra en el grosor del *cuadriceps* femoral ante la terapia nutricional administrada.⁶³

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

ACPR realizó las ecografías del *cuadriceps* femoral y obtuvo los valores del grosor del grupo muscular de los probandos estudiados. Los autores contribuyeron a partes iguales en la redacción del protocolo de investigación, el examen de los pacientes, la captación y el procesamiento de los datos primarios, el análisis y la interpretación de los resultados, y la redacción del manuscrito final.

AGRADECIMIENTOS

Dr. Sergio Santana Porbén, Editor-Ejecutivo de la RCAN Revista Cubana de Alimentación y Nutrición, por la ayuda brindada en la preparación del artículo final.

SUMMARY

Rationale: Critically ill children and adolescents are particularly vulnerable to energy-nutrient malnutrition (ENM) and death due to the intensity of aggression and injury, the extension and impact of the response to aggression, and also to pitfalls in the provision of nutritional support. ENM specially impacts the lean body mass: the anatomorphological substrate of body metabolism. Ecography of the femoral *cuadriceps* might indicate the severity of ENM occurring in the patient. There are no previous studies in Cuba on the use of the ecography of the femoral *cuadriceps* as imaginological indicator of ENM. **Objective:** To estimate the behavior of the ecography of the femoral *cuadriceps* as imaginological indicator of ENM in critically ill pediatric patients. **Study location:** Critical Care Unit (CCU), "Octavio de la Concepción de la Pedraja" Pediatric Hospital (city of Holguín, Provincia of Holguín, Cuba). **Study design:** Cases serie study. **Study serie:** Seventy patients (Boys: 65.7 %; Average age: 7.4 ± 5.0 years) assisted at the CCU (Average hospital length of stay: 16.1 ± 2.4 days; Mechanical ventilation rate: 28.6 %; Survival rate: 90.0 %) between March 2018 and March 2019 (both included). **Methods:** Patient's

nutritional state, energy balance, protein balance, and thickness of the femoral cuádriceps (as measured by ecography in the middle third of the non-dominant thigh) were obtained after 5 and 10 days of admission in the CCU. Thickness of the femoral cuádriceps was correlated with changes occurred in energy and protein balances.

Results: *Thickness of femoral cuádriceps behaved as follows: On admission: 1.60 ± 0.20 cm; At 5 days: 1.58 ± 0.20 cm ($\Delta = -1.7\%$); At 10 days: 1.49 ± 0.21 cm ($\Delta = -7.2\%$; $p < 0.05$); respectively. An accumulated 12.4 % reduction in the thickness of the cuádriceps translated to an energy deficit $\geq 25\%$ (AUROC: 0.82; Sensitivity: 0.92; Specificity: 0.77). On the other hand, an accumulated 11.7 % reduction in the thickness of the cuádriceps was associated with a protein deficit $\geq 1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ (AUROC: 0.80; Sensitivity: 0.91; Specificity: 0.81).*

Conclusions: *Thickness of the cuádriceps (measured by means of ecography) associates strongly with ENM in critically ill pediatric patients. Recommendations: Ecography of the cuádriceps might have predictive value in the identification and non-invasive and reliable follow-up of the patients with an important nutritional debt. Rodríguez Portelles AC, Castro Morales T, Piriz Assa AR, Céspedes Rómulo AM. Ecography of the cuádriceps as indicator of the energy-nutrient depletion in critically ill pediatric patients. RCAN Rev Cubana Aliment Nutr 2020;30(2):397-414. RNPS: 2221. ISSN: 1561-2929.*

Subject headings: Cuádriceps / Ultrasound / Ecography / Pediatrics / Malnutrition / Skeletal muscle / Proteins.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hulst J, Joosten K, Zimmermann L, Hop W, van Buuren S, Büller H; *et al.* Malnutrition in critically ill children: From admission to 6 months after discharge. *Clin Nutr* 2004;23:223-32.
- Lekmanov AU, Erpuleva I. Hypermetabolism syndrome in critically ill children. *Anesteziol Reanimatol* 2006;1:74-7. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16613052>. Fecha de última visita: 7 de Marzo del 2019.
- Delgado AF, Okay TS, Leone C, Nichols B, Del Negro GM, Vaz FAC. Hospital malnutrition and inflammatory response in critically ill children and adolescents admitted to a tertiary intensive care unit. *Clinics* 2008;63:357-62.
- Niederwanger C, Bachler M, Hell T, Linhart C, Entenmann A, Balog A; *et al.* Inflammatory and coagulatory parameters linked to survival in critically ill children with sepsis. *Ann Intens Care* 2018;8:111-9.
- Faustino EVS, Bogue CW. Relationship between hypoglycemia and mortality in critically ill children. *Pediatr Crit Care Med* 2010;11:690-8.
- Zimmerman JJ, Akhtar SR, Caldwell E, Rubenfeld GD. Incidence and outcomes of pediatric acute lung injury. *Pediatrics* 2009;124:87-95.
- Hayes LW, Oster RA, Tofil NM, Tolwani AJ. Outcomes of critically ill children requiring continuous renal replacement therapy. *J Crit Care* 2009;24:394-400.
- Larsen GY, Donaldson AE, Parker HB, Grant MJ. Preventable harm occurring to critically ill children. *Pediatr Crit Care Med* 2007;8:331-6.
- Rogers EJ, Gilbertson HR, Heine RG, Henning R. Barriers to adequate nutrition in critically ill children. *Nutrition* 2003;19:865-8.
- Coss-Bu JA, Klish WJ, Walding D, Stein F, Smith EOB, Jefferson LS. Energy metabolism, nitrogen balance, and substrate utilization in critically ill children. *Am J Clin Nutr* 2001;74:664-9.
- Briassoulis G, Briassouli E, Tavladaki T, Ilia S, Fitrolaki DM, Spanaki AM. Unpredictable combination of metabolic and feeding patterns in malnourished critically ill children: The malnutrition-energy assessment question. *Intens Care Med* 2014;40:120-2.

12. Mehta NM, Bechard LJ, Dolan M, Ariagno K, Jiang H, Duggan C. Energy imbalance and the risk of overfeeding in critically ill children. *Pediatr Crit Care Med* 2011;12:398-405.
13. Kyle UG, Jaimon N, Coss-Bu JA. Nutrition support in critically ill children: Underdelivery of energy and protein compared with current recommendations. *J Acad Nutr Diet* 2012;112(12):1987-92. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23063414>. Fecha de última visita: 8 de Marzo del 2019.
14. de Souza Menezes F, Leite HP, Nogueira PCK. Malnutrition as an independent predictor of clinical outcome in critically ill children. *Nutrition* 2012;28:267-70.
15. Costelli P, Baccino FM. Mechanisms of skeletal muscle depletion in wasting syndromes: role of ATP-ubiquitin-dependent proteolysis. *Curr Op Clin Nutr Metab Care* 2003;6(4):407-12. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12806214>. Fecha de última visita: 9 de Marzo del 2019.
16. Banwell BL, Mildner RJ, Hassall AC, Becker LE, Vajsar J, Shemie SD. Muscle weakness in critically ill children. *Neurology* 2003;61:1779-82.
17. Field-Ridley A, Dharmar M, Steinhorn D, McDonald C, Marcin JP. Intensive Care Unit-acquired weakness (ICU-AW) is associated with differences in clinical outcomes in critically ill children. *Pediatr Crit Care Med* 2016;17:53-7.
18. Weijs PJM, Looijaard WGPM, Dekker IM, Stapel SN, Girbes AR, Oudemans-van Straaten HM; *et al.* Low skeletal muscle area is a risk factor for mortality in mechanically ventilated critically ill patients. *Crit Care* 2014;18(2):R12-R12. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24410863>. Fecha de última visita: 15 de Marzo del 2019.
19. Preiser J-C, van Zanten ARH, Berger MM, Biolo G, Casaer MP, Doig GS; *et al.* Metabolic and nutritional support of critically ill patients: Consensus and controversies. *Crit Care* 2015;19(1):35-35. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4310041/>. Fecha de última visita: 9 de Marzo del 2019.
20. Verger J. Nutrition in the pediatric population in the intensive care unit. *Crit Care Nurs Clin North Am* 2014;26(2):199-215. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24878206>. Fecha de última visita: 9 de Marzo del 2019.
21. Chapela S, Martinuzzi A. Pérdida de masa muscular en el paciente críticamente enfermo: ¿Caquexia, sarcopenia y/o atrofia? Impacto en la respuesta terapéutica y la supervivencia. *RCAN Rev Cubana Aliment Nutr* 2018;28:393-416.
22. Vivier E, Roussey A, Doroszewski F, Rosselli S, Pommier C, Carreaux G, Mekontso Dessap A. Atrophy of diaphragm and pectoral muscles in critically ill patients. *Anesthesiol* 2019;131(3):569-79. Disponible en: <http://doi:10.1097/ALN.0000000000002737>. Fecha de última visita: 10 de Marzo del 2019.
23. Handsfield GG, Meyer CH, Hart JM, Abel MF, Blemker SS. Relationships of 35 lower limb muscles to height and body mass quantified using MRI. *J Biomech* 2014;47:631-8.
24. Vondracek P, Bednarik J. Clinical and electrophysiological findings and long-term outcomes in paediatric patients with critical illness polyneuromyopathy. *Eur J Paediatr Neurol* 2006;10:176-81.
25. Ng KW, Dietz AR, Johnson R, Shoykhet M, Zaidman CM. Reliability of bedside ultrasound of limb and diaphragm muscle thickness in critically ill children. *Muscle Nerve* 2019;59:88-94.

26. Matamis D, Soilemezi E, Tsagourias M, Akoumianaki E, Dimassi S, Boroli F; *et al.* Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications. *Intens Care Med* 2013;39:801-10.
27. Waligora AC, Johanson NA, Hirsch BE. Clinical anatomy of the quadriceps femoris and extensor apparatus of the knee. *Clin Orth Relat Res* 2009;467:3297-306.
28. Bartels EM, Sørensen ER, Harrison AP. Multi-frequency bioimpedance in human muscle assessment. *Physiol Rep* 2015;3(4):e12354. Disponible en: <http://doi:10.14814/phy2.12354>. Fecha de última visita: 11 de Marzo del 2019.
29. Pietrobelli A, Morini P, Battistini N, Chiumello G, Nunez C, Heymsfield SB. Appendicular skeletal muscle mass: Prediction from multiple frequency segmental bioimpedance analysis. *Eur J Clin Nutr* 1998;52:507-11.
30. Hall Smith C. Evaluación del estado nutricional del nefrópata en diálisis iterada mediante bioimpedancia eléctrica. *RCAN Rev Cubana Aliment Nutr* 2019;29(1 Supl 2):S1-S69.
31. Paris M, Mourtzakis M. Assessment of skeletal muscle mass in critically ill patients: Considerations for the utility of computed tomography imaging and ultrasonography. *Curr Op Clin Nutr Metab Care* 2016;19:125-30.
32. Lukaski HC. Soft tissue composition and bone mineral status: Evaluation by dual energy X-ray absorptiometry. *J Nutr* 1993;123:438-43.
33. Rothwell DT, Williams DJ, Furlong LM. Measuring muscle size and symmetry in healthy adult males using a time-efficient analysis of magnetic resonance images. *Physiol Meas* 2019;40(6):064005. Disponible en: <http://doi:10.1088/1361-6579/ab2323>. Fecha de última visita: 10 de Marzo del 2019.
34. Beneke R, Neuerburg J, Bohndorf K. Muscle cross-section measurement by magnetic resonance imaging. *Eur J Appl Physiol Occupat Physiol* 1991;63:424-9.
35. Mourtzakis M, Wischmeyer P. Bedside ultrasound measurement of skeletal muscle. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2014;17(5):389-95. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25023190>. Fecha de última visita: 11 de Marzo del 2019.
36. Tillquist M, Kutsogiannis DJ, Wischmeyer PE, Kummerlen C, Leung R, Stollery D; *et al.* Bedside ultrasound is a practical and reliable measurement tool for assessing quadriceps muscle layer thickness. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2014;38(7):886-90. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23980134>. Fecha de última visita: 11 de Marzo del 2019.
37. English C, Fisher L, Thoires K. Reliability of real-time ultrasound for measuring skeletal muscle size in human limbs in vivo: A systematic review. *Clin Rehabil* 2012;26:934-44.
38. Ong C, Lee JH, Leow MK, Puthuchery ZA. Skeletal muscle ultrasonography in nutrition and functional outcome assessment of critically ill children: Experience and insights from pediatric disease and adult critical care studies. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2017;41:1091-9.
39. Galindo Martínez CA, Monares Zepeda E, Lescas Méndez OA. Bedside ultrasound measurement of rectus femoris: A tutorial for the nutrition support clinician. *J Nutr Metab* 2017;2017:5. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2017/2767232>. Fecha de última visita: 11 de Marzo del 2019.
40. de Lima KM, da Matta TT, de Oliveira LF. Reliability of the rectus femoris muscle cross-sectional area

- measurements by ultrasonography. *Clin Physiol Funct Imag* 2012;32:221-6.
41. Mosteller RD. Simplified calculation of body-surface area. *N Engl J Med* 1987; 317:1098.
 42. World Health Organization. Physical status: The use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO expert committee. World Health Organization. Technical Reports Series 1995;854: 1-452. Geneva: 1995.
 43. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr* 1985;39:5-41.
 44. Jotterand Chaparro C, Moullet C, Taffe P, Laure Depeyre J, Perez M-H, Longchamp D; *et al.* Estimation of resting energy expenditure using predictive equations in critically ill children: Results of a systematic review. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2018;42(6):976-86. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29603276>. Fecha de última visita: 12 de Marzo del 2019.
 45. Barreto Penié J, González Pérez TL, Santana Porbén S. Programa de intervención alimentaria, nutrimental y metabólica para hospitales pediátricos. Ediciones PalcoGraf. Ciudad Habana: 2000.
 46. Santana Porbén S, Martínez Canalejo H. Manual de Procedimientos Bioestadísticos. Segunda Edición. EAE Editorial Académica Española. ISBN-13: 9783659059629. ISBN-10: 3659059625. Madrid: 2012.
 47. Kumar R, Indrayan A. Receiver operating characteristic (ROC) curve for medical researchers. *Indian Pediatrics* 2011;48:277-87.
 48. Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. 41a Asamblea Médica Mundial Hong Kong, en septiembre de 1989. *An Sist Sanit Navarra* 2008;24: 209-12.
 49. Medina Rosas S, Alfonso Novo L, Santana Porbén S, Sosa Palacios O. Variación del peso corporal del niño enfermo durante la hospitalización. *RCAN Rev Cubana Aliment Nutr* 2015;25:11-27.
 50. Peters AM, Snelling HLR, Glass DM, Bird NJ. Estimation of lean body mass in children. *Brit J Anaesth* 2011;106: 719-23.
 51. Pencharz PB, Vaisman N, Azcue M, Stallings VA. Body compartment changes in sick children. En: *In vivo body composition studies*. Springer. Boston [MA]: 1990. pp. 31-38.
 52. Zamberlan P, de Carvalho WB, Delgado AF. Nutritional assessment and body composition in critically ill children as prognostic indicators. *Curr Treat Opt Pediatr* 2019;5:301-13.
 53. Mickell JJ. Urea nitrogen excretion in critically ill children. *Pediatr* 1982;70: 949-55.
 54. Patterson BW, Nguyen T, Pierre E, Herndon DN, Wolfe RR. Urea and protein metabolism in burned children: Effect of dietary protein intake. *Metabolism* 1997;46:573-8.
 55. Coss-Bu JA, Klish WJ, Walding D, Stein F, Smith EOB, Jefferson LS. Energy metabolism, nitrogen balance, and substrate utilization in critically ill children. *Am J Clin Nutr* 2001;74:664-9.
 56. Chaparro CJ, Depeyre JL, Longchamp D, Perez MH, Taffé P, Cotting J. How much protein and energy are needed to equilibrate nitrogen and energy balances in ventilated critically ill children? *Clin Nutr* 2016;35:460-7.
 57. Valla FV, Young DK, Rabilloud M, Periasami U, John M, Baudin F; *et al.* Thigh ultrasound monitoring identifies decreases in quadriceps femoris thickness as a frequent observation in critically ill children. *Pediatr Crit Care*

- Med 2017;18(8):e339-47. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28650903>. Fecha de última visita: 12 de Marzo del 2019.
58. Pardo E, El Behi H, Boizeau P, Verdonk F, Alberti C, Lescot T. Reliability of ultrasound measurements of quadriceps muscle thickness in critically ill patients. *BMC Anesthesiol* 2018;18(1):205-205. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12871-018-0647-9>. Fecha de última visita: 12 de Marzo del 2019.
59. Puthuchery ZA, Rawal J, McPhail M, Connolly B, Ratnayake G, Chan P; *et al.* Acute skeletal muscle wasting in critical illness. *JAMA* 2013;310(15):1591-600. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24108501>. Fecha de última visita: 12 de Marzo del 2019.
60. Fizez T, Hendrickx A, van Herpe T, Vlasselaers D, Desmet L, van den Berghe G; *et al.* An analysis of reliability and accuracy of muscle thickness ultrasonography in critically ill children and adults. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2016;40(7):944-9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25754437>. Fecha de última visita: 12 de Marzo del 2019.
61. Carlotti APCP, Bohn D, Matsuno AK, Pasti DM, Gowrishankar M, Halperin ML. Indicators of lean body mass catabolism: Emphasis on the creatinine excretion rate. *QJM* 2008;101:197-205.
62. Tompuri TT, Lakka TA, Hakulinen M, Lindi V, Laaksonen DE, Kilpeläinen TO; *et al.* Assessment of body composition by dual-energy X-ray absorptiometry, bioimpedance analysis and anthropometrics in children: The Physical Activity and Nutrition in Children Study. *Clin Physiol Funct Imag* 2015;35:21-33.
63. Bechard LJ, Parrott JS, Mehta NM. Systematic review of the influence of energy and protein intake on protein balance in critically ill children. *J Pediatr* 2012;161:333-9.