

Análisis de mediación entre IMC materno, edad y el Índice de Rohrer en mujeres adultas: estudio transversal

Mediation analysis between maternal BMI, age and the Rohrer Index in adult women: a cross-sectional study

Janet del Rocío GORDILLO CORTAZA¹, Maria Antonieta TOURIZ BONIFAZ², Verónica Alexandra MENDOZA RAMÍREZ³, Rodrigo Javier MENDOZA RAMÍREZ¹, Andrea Michelle PRADO MATAMOROS⁴, Zully Stefania CEDEÑO ROBALINO¹, Fátima Victoria FERAUD IBARRA¹, Yanina Teresa OCHOA MONTOYA², William Johnny JIMÉNEZ JIMÉNEZ¹, Nelly Carolina PALADINES ZAPATA¹, Walter Adalberto GONZÁLEZ GARCÍA⁴, Miguel Angel CASTRO MATTOS⁵

1 Universidad de Guayaquil.

2 Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

3 The University San Antonio, (UTSA).

4 Universidad Técnica de Babahoyo.

5 Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.

Recibido: 13/septiembre/2025. Aceptado: 11/noviembre/2025.

RESUMEN

Introducción: El Índice de Masa Corporal (IMC) materno es un predictor robusto de la adiposidad en los hijos; por lo tanto, el Índice ponderal al nacer permite evaluar el estado nutricional y la composición corporal identificando alteraciones en el crecimiento fetal y riesgos a largo plazo.

Objetivo: Evaluar la asociación entre el IMC materno y el Índice de Rohrer (IP), explorando el papel mediador de la edad de la mujer.

Metodología: Estudio transversal con datos secundarios de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES) de Perú, 2012–2020. Se incluyeron 31 742 registros de recién nacidos a término (≥ 37 semanas), sin malformaciones congénitas, con datos disponibles de IMC materno gestacional y edad materna al parto. Se excluyeron nacimientos prematuros, embarazos múltiples, casos con restricción del crecimiento intrauterino y registros incompletos. El IMC materno se calculó con datos de la primera consulta prenatal y el IP

como peso/talla³ al nacimiento. Se utilizó el IP por su capacidad para reflejar la adiposidad relativa en comparación con el peso al nacer o el IMC en poblaciones neonatales. Se realizó un análisis de mediación con el software JAMOMI, estimando efectos directos, indirectos y totales estandarizados con intervalos de confianza al 95 %.

Resultados: El modelo de mediación cumplió con los supuestos estadísticos (linealidad, normalidad de residuos y ausencia de multicolinealidad). El IMC materno mostró un efecto directo elevado sobre el IP ($\beta = 0.97$; $p < .001$). El efecto indirecto a través de la edad de la mujer fue estadísticamente significativo, pero de magnitud reducida ($\beta = 0.0086$; $p < .001$), representando solo el 0.88 % del efecto total.

Conclusiones: La influencia del IMC materno sobre la corpulencia del hijo se ejerce principalmente a través de vías directas, mientras que la edad de la mujer desempeña un papel mediador marginal. Estos hallazgos destacan la importancia de intervenciones dirigidas al control del IMC materno como estrategia de prevención de la obesidad intergeneracional.

PALABRAS CLAVE

Índice de Ponderal; Estado nutricional fetal; Mediación estadística; Obesidad intergeneracional; Salud pública.

Correspondencia:

Janet del Rocío Gordillo Cortaza
janetgordillo28@gmail.com

ABSTRACT

Introduction: Maternal body mass index (BMI) is a robust predictor of adiposity in children; therefore, birth weight index allows for the assessment of nutritional status and body composition, identifying alterations in fetal growth and long-term risks.

Objective: To assess the association between maternal BMI and Rohrer Index (PI), exploring the mediating role of women's age.

Methodology: Cross-sectional study using secondary data from the Demographic and Family Health Survey (ENDES) of Peru, 2012–2020. A total of 31,742 records of full-term newborns (≥ 37 weeks) without congenital malformations and with available data on maternal gestational BMI and maternal age at delivery were included. Premature births, multiple pregnancies, cases of intrauterine growth restriction, and incomplete records were excluded. Maternal BMI was calculated using data from the first antenatal visit and PI as birth weight divided by height³. The Rohrer's Index was used for its ability to reflect relative adiposity compared to birth weight or BMI in neonatal populations. Mediation analysis was performed using the JAMOV software, estimating direct, indirect, and total standardized effects with 95% confidence intervals.

Results: The mediation model met the statistical assumptions (linearity, normality of residuals, and absence of multicollinearity). Maternal BMI showed a high direct effect on PI ($\beta = 0.97$; $p < .001$). The indirect effect through female age was statistically significant, but small in magnitude ($\beta = 0.0086$; $p < .001$), accounting for only 0.88 % of the total effect.

Conclusions: The influence of maternal BMI on offspring corpulence is mainly exerted through direct pathways, while female age plays a marginal mediating role. These findings underscore the importance of interventions targeting maternal BMI as a strategy to prevent intergenerational obesity.

KEYWORDS

Rohrer's index; Fetal nutritional status; Statistical mediation; Intergenerational obesity; Public health.

INTRODUCCIÓN

La obesidad infantil representa uno de los principales desafíos de salud pública a nivel mundial, con efectos que se extienden desde la infancia hasta la edad adulta, impactando la morbilidad y mortalidad cardiovascular, metabólica y osteoarticular^{1,2}. La comprensión de los determinantes de la adiposidad en recién nacidos y lactantes es fundamental para el diseño de estrategias de prevención temprana que puedan interrumpir la transmisión intergeneracional de la obesidad^{3,4}.

La evidencia científica ha establecido de manera consistente que el IMC materno representa uno de los predictores más robustos de la adiposidad en la descendencia desde las primeras etapas de vida^{5,6}. Estudios longitudinales han demostrado que las madres con IMC elevado tienen mayor probabilidad de tener hijos con adiposidad aumentada ya desde el período neonatal y durante la infancia temprana, incluso después de ajustar por factores genéticos paternos y variables socioeconómicas^{5,7}. Esta asociación se atribuye a mecanismos complejos que incluyen programación metabólica intrauterina, modificaciones epigenéticas durante la gestación, y el ambiente nutricional compartido durante la lactancia^{4,8}.

Sin embargo, la relación entre el IMC materno y la adiposidad neonatal no opera de manera aislada. La edad materna emerge como un factor potencialmente mediador en esta relación, dado que influye tanto en los cambios fisiológicos durante el embarazo como en los patrones de crecimiento fetal. Específicamente, la edad materna se asocia con modificaciones en el metabolismo materno, la sensibilidad a la insulina durante la gestación, y la eficiencia de la transferencia placentaria de nutrientes, factores que podrían modular la expresión de la predisposición genética a la adiposidad en el feto⁹.

Para la evaluación de la corpulencia en recién nacidos y lactantes, el IP ha demostrado ventajas significativas sobre el IMC tradicional, ya que proporciona una medida más precisa de la densidad corporal y corrige mejor las variaciones relacionadas con la estatura en cuerpos en desarrollo, siendo especialmente relevante en poblaciones neonatales con amplia variabilidad antropométrica¹⁰.

A pesar de la abundante evidencia sobre la asociación directa entre IMC materno y adiposidad neonatal, existe una notable escasez de estudios que hayan explorado específicamente los mecanismos mediadores de esta relación considerando la edad materna. Los estudios previos se han centrado principalmente en asociaciones directas o han analizado la relación madre-hijo sin considerar el papel mediador de variables maternas como la edad al momento del parto. Esta laguna en el conocimiento limita nuestra comprensión de los mediadores específicos a través de los cuales opera la transmisión intergeneracional de la adiposidad desde las primeras etapas de vida y, por tanto, la capacidad para diseñar intervenciones preventivas dirigidas y efectivas durante el período prenatal y perinatal¹¹.

El análisis de mediación propuesto es indispensable porque permitirá identificar si la edad materna constituye un mediador significativo en la relación IMC materno-adiposidad neonatal, cuantificar la magnitud relativa de los efectos directos versus indirectos, y proporcionar evidencia para el desarrollo de intervenciones preventivas que consideren la edad materna como factor modulador en programas de control de peso dirigidos a mujeres en edad reproductiva y durante el embarazo.

Por ello, este estudio tiene como objetivo evaluar la asociación entre el IMC materno y el IP en recién nacidos, cuantificando específicamente el papel mediador de la edad materna en dicha relación mediante análisis de mediación estadística. Se hipotetiza que la edad materna actuará como mediador parcial en la relación entre IMC materno e IP neonatal, con un efecto mediador significativo, pero de magnitud menor comparado con el efecto directo del IMC materno.

METODOLOGÍA

Diseño del estudio: Se realizó un estudio observacional transversal utilizando datos secundarios de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES), elaborada anualmente por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). El diseño transversal permitió explorar relaciones entre variables en una muestra poblacional amplia, aunque sin posibilidad de establecer relaciones causales. La base de datos se obtuvo en la sección «consulta por encuestas» del portal web del INEI, la misma que fue estimada previa evaluación de los resultados obtenidos con la implementación de las encuestas ENDES ejecutadas en los periodos 2012 a 2020 y los lineamientos del tipo de diseño previamente establecidos para este fin correspondiente al año 2023¹². La encuesta recoge información detallada sobre salud materna e infantil, incluyendo variables como el IMC materno gestacional, la edad materna y características neonatales. Los datos empleados son de acceso libre y cuentan con la autorización explícita para su uso en investigación.

Población y muestra: Se incluyeron registros de todos los recién nacidos a término (≥ 37 semanas de gestación) de madres con registros completos de IMC gestacional y edad al momento del parto. Criterios de inclusión: (1) recién nacidos a término, (2) IMC materno gestacional, (3) edad materna, (4) mediciones antropométricas neonatales. Criterios de exclusión: (1) nacimientos prematuros (< 37 semanas), (2) gestaciones sin malformaciones, (3) restricción del crecimiento intrauterino, (4) embarazos múltiples, (5) registros incompletos. En total se obtuvieron 31742 registros.

Variables del estudio: La variable independiente fue el IMC materno gestacional (kg/m^2), calculado a partir del peso y talla registrados en la primera consulta prenatal. La variable mediadora fue la edad materna al momento del parto (años completos). La variable dependiente fue el IP neonatal, calculado como peso (kg) dividido por talla³ (m^3), medido dentro de las primeras 24 horas de vida.

Recolección de datos: Los datos se obtuvieron retrospectivamente de la encuesta ENDES. Previo al análisis, se realizó una limpieza exhaustiva de las mediciones antropométricas neonatales. Se excluyeron registros con valores faltantes o biológicamente implausibles (peso < 500 g o > 6000 g; talla < 25 cm o > 60 cm). Adicionalmente, se eliminaron valores extremos del Índice de Ponderal definidos como aquellos que

excedían ± 3 desviaciones estándar respecto a la media.

Análisis estadístico: Se realizó un análisis de mediación utilizando el módulo Mediation del software JAMOV (versión 2.6.26). El modelo especificó el IMC materno como variable predictora, la edad materna como mediadora, y el IP como variable de resultado. Se estimaron efectos directos, indirectos y totales con intervalos de confianza del 95% calculados mediante el método Delta. Los efectos fueron completamente estandarizados para facilitar la interpretación. Se verificaron los supuestos del modelo de mediación y se realizó un análisis de sensibilidad^{13,14}.

RESULTADOS

El estudio incluyó un total de 31742 registros de madre-recién nacido que cumplieron con los criterios de inclusión. La edad promedio de las madres (28.9 ± 10.2 años) refleja una distribución centrada en la edad reproductiva temprana, coherente con los datos nacionales de natalidad. Las características descriptivas de la muestra se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características descriptivas de la muestra

Variable	Media $\pm$ DE	Mediana (RIQ)	Rango
IMC materno (kg/m^2)	26.88 ± 5.29	26.40 (6.99)	14.07 - 58.62
Edad materna (años)	28.95 ± 10.17	29.00 (17.00)	12 - 49
IP neonatal (kg/m^3)	1.76 ± 0.35	1.73 (0.47)	0.89 - 4.03

DE = Desviación estándar; RIQ = Rango intercuartílico.

Verificación de Supuestos del Modelo

Antes de proceder con el análisis de mediación, se verificaron los supuestos estadísticos fundamentales. Las relaciones entre variables mostraron linealidad adecuada mediante inspección gráfica de diagramas de dispersión. Los residuos del modelo presentaron distribución aproximadamente normal según las pruebas de Shapiro-Wilk ($p > 0.05$) y la inspección visual de gráficos Q-Q. No se detectó multicolinealidad significativa entre las variables ($VIF < 2.0$).

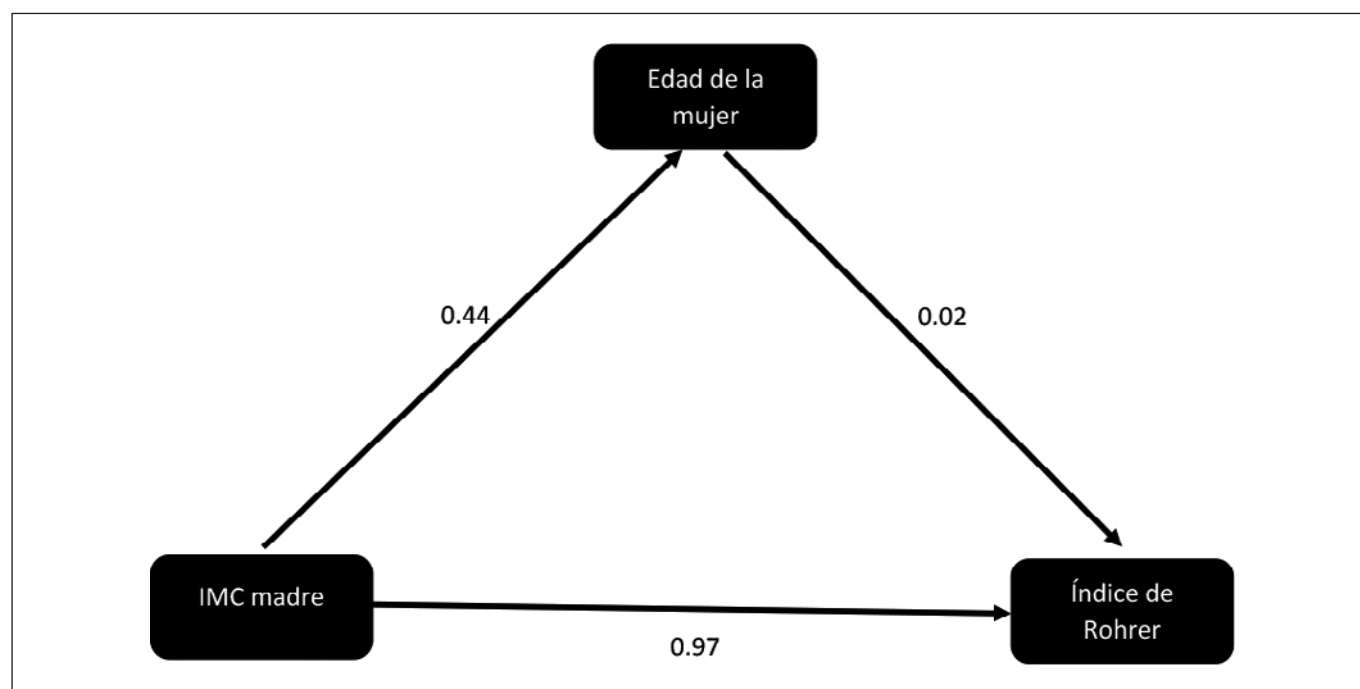
Análisis de Mediación

El análisis de mediación reveló un patrón de relaciones entre el IMC materno, la edad materna y el IP neonatal. Los resultados detallados se presentan en la Tabla 2 y se ilustran en la Figura 1.

Tabla 2. Efectos directos, indirectos y totales del modelo de mediación

Tipo de efecto	Relación	β estandarizado	EE	IC 95%	z	p
Indirecto	IMC materno $\rightarrow$ Edad materna $\rightarrow$ IP	0.009	0.0005	0.008-0.010	16.8	< .001
<i>Componente a</i>	IMC materno $\rightarrow$ Edad materna	0.437	0.010	0.419-0.456	86.5	< .001
<i>Componente b</i>	Edad materna $\rightarrow$ IP	0.020	0.001	0.018-0.022	17.1	< .001
Directo	IMC materno $\rightarrow$ IP	0.974	0.001	0.972-0.976	844.1	< .001
Total	IMC materno $\rightarrow$ IP	0.983	0.001	0.981-0.985	942.3	< .001

Todos los efectos están completamente estandarizados. IC = Intervalo de confianza; EE = Error estándar.

**Figura 1.** Modelo de mediación con coeficientes estandarizados

Efecto Indirecto: Se identificó un efecto indirecto estadísticamente significativo del IMC materno sobre el IP neonatal a través de la edad materna ($\beta = 0.009$, IC 95%: 0.008-0.010, $p < .001$). Este efecto mediador resulta de la combinación de dos vías: (1) el efecto significativo del IMC materno sobre la edad materna ($\beta = 0.437$, IC 95%: 0.419-0.456, $p < .001$), y (2) el efecto también significativo de la edad materna sobre el IP neonatal ($\beta = 0.020$, IC 95%: 0.018-0.022, $p < .001$).

Efecto Directo: Se observó un efecto directo muy fuerte y significativo del IMC materno sobre el IP neonatal ($\beta = 0.974$, IC 95%: 0.972-0.976, $p < .001$), lo cual indica que la mayor parte de la relación entre estas variables no es mediada por la edad materna.

Efecto Total: El efecto total del IMC materno sobre el IP neonatal (suma del directo e indirecto) fue significativo ($\beta = 0.983$, IC 95%: 0.981-0.985, $p < .001$), confirmando que el IMC materno es un predictor robusto de la adiposidad neonatal.

Proporción de Mediación: El efecto indirecto representa únicamente el 0.88% del efecto total, indicando que, aunque existe mediación estadística, esta es de magnitud muy limitada desde una perspectiva práctica.

Análisis de Sensibilidad

Para evaluar la robustez de los hallazgos, se realizó un análisis de sensibilidad excluyendo casos extremos (valores > 3 DE

de la media) y utilizando métodos alternativos de estimación de intervalos de confianza mediante bootstrap con 5 000 re-muestras. Los resultados permanecieron consistentes, con variaciones en los intervalos de confianza del 95 % menores al 1.2 % respecto a las estimaciones obtenidas con el método Delta.

Interpretación Clínica

Los hallazgos indican que por cada aumento de una desviación estándar en el IMC materno gestacional, se observa un incremento promedio de 0.983 desviaciones estándar en el IP neonatal. Este efecto opera predominantemente de manera directa, posiblemente a través de mecanismos de programación intrauterina, transferencia placentaria de nutrientes, y factores genéticos. El papel mediador de la edad materna, aunque estadísticamente significativo, es clínicamente marginal, sugiriendo que las intervenciones dirigidas al control del IMC materno tendrían efectos similares independientemente de la edad materna dentro del rango estudiado.

DISCUSIONES

Los hallazgos de este estudio indican que el IMC materno gestacional tiene un efecto sustancial sobre el IP neonatal, con una contribución directa considerable ($\beta = 0.974$) y un efecto mediado por la edad materna que, aunque estadísticamente significativo, es clínicamente modesto ($\beta = 0.009$). Este patrón sugiere que el IMC materno actúa como un determinante temprano de la composición corporal neonatal, independientemente de la edad de la madre dentro del rango analizado. La alta magnitud del efecto directo respalda la hipótesis de que mecanismos fisiológicos vinculados al estado nutricional materno, como la programación intrauterina, la transferencia placentaria de nutrientes, y posibles vías epigenéticas, son los principales responsables del crecimiento neonatal proporcional.

Nuestros resultados coinciden con los reportados por estudios longitudinales previos. Por ejemplo, el Fels Longitudinal Study encontró que un mayor IMC materno se asocia con mayor adiposidad en la descendencia desde etapas muy tempranas de la vida⁵. De manera similar, estudios longitudinales han demostrado que madres con trayectorias persistentes de sobrepeso tienen entre 1.56 (IC 95% 1.36-1.79) veces mayor riesgo de tener hijos con sobrepeso en la niñez¹⁵. Una revisión sistemática también señaló que el IMC pregestacional materno se asocia consistentemente con una mayor adiposidad infantil, mientras que el efecto paterno es mucho menos consistente¹⁶. La robustez del efecto directo hallado en nuestra muestra refuerza esta evidencia, aun cuando el componente indirecto mediado por la edad materna sea estadísticamente significativo, pero clínicamente pequeño.

Desde el punto de vista biológico, múltiples mecanismos podrían explicar esta asociación. Entre ellos destacan la alteración de la señalización de leptina (LEP) y la expresión diferencial de genes asociados al metabolismo lipídico como el

PPAR γ ⁷. Además, se ha propuesto que la hiperglucemia leve no diabética durante la gestación, común en madres con sobrepeso, puede inducir crecimiento fetal excesivo y alterar la proporción corporal neonatal⁴. El entorno postnatal inmediato también puede interactuar con estos efectos, amplificando la trayectoria de obesidad infantil temprana¹⁷.

Por otro lado, el uso del IP, más sensible que el IMC tradicional en etapas tempranas de la vida, mejora la capacidad de detectar alteraciones en la corpulencia infantil⁸. Este índice es especialmente útil en estudios que incluyen sujetos pediátricos o adolescentes.

Aunque el efecto indirecto mediado por la edad de la mujer resultó estadísticamente significativo ($p < .001$), su magnitud es irrelevante desde el punto de vista práctico ($< 1\%$). Como han señalado MacKinnon y colaboradores, los efectos indirectos que representan menos del 5 % del total pueden considerarse débiles, a menos que exista una sólida justificación teórica^{18,19}. En este caso, la edad no parece tener un papel biológicamente plausible como mediador clave de la corpulencia.

Implicaciones prácticas

Desde una perspectiva clínica y de salud pública, estos resultados subrayan la importancia de intervenir sobre el estado nutricional materno antes y durante el embarazo. El énfasis exclusivo en la edad materna como factor de riesgo podría desviar la atención de factores metabólicos más determinantes. Además, las estrategias preventivas deben extenderse al entorno familiar, incluyendo el fomento de prácticas saludables desde el inicio de la vida, como la lactancia materna exclusiva y el monitoreo del crecimiento neonatal proporcional.

Limitaciones del Estudio

Este estudio presenta varias limitaciones importantes que deben considerarse en la interpretación de los resultados. Primero, el diseño observacional retrospectivo limita la capacidad de establecer relaciones causales definitivas entre las variables estudiadas. Segundo, no se controlaron potenciales confusores como, factores socioeconómicos, hábitos nutricionales maternos o comorbilidades durante el embarazo, que podrían influir en los resultados. Tercero, la medición del IMC materno gestacional basada en registros médicos puede estar sujeta a sesgos de reporte o medición. Cuarto, la generalización de los resultados está limitada a la población estudiada y puede no aplicarse a otras poblaciones con características demográficas o clínicas diferentes. Finalmente, el modelo de mediación asume relaciones lineales que pueden no capturar completamente la complejidad de las interacciones biológicas subyacentes.

Direcciones para Investigación Futura

Los hallazgos de este estudio sugieren varias líneas de investigación futuras. Primero, estudios longitudinales prospec-

tivos que incluyan múltiples mediciones durante el embarazo y el período postnatal temprano podrían proporcionar evidencia más robusta sobre la causalidad de las relaciones observadas. Segundo, la inclusión de otros mediadores potenciales como marcadores metabólicos maternos, calidad de la dieta, actividad física y factores psicosociales podría ofrecer una comprensión más comprehensiva de los mecanismos subyacentes. Tercero, estudios de validación externa en poblaciones diversas son necesarios para confirmar la generalización de estos hallazgos. Finalmente, investigaciones sobre intervenciones específicas dirigidas al control del IMC materno pregestacional podrían informar el desarrollo de programas de prevención más efectivos para la obesidad neonatal e intergeneracional.

CONCLUSIÓN

En resumen, el IMC materno constituye un predictor robusto y directo del IP, mientras que la edad de la mujer tiene un rol marginal como mediador. Estos hallazgos refuerzan la evidencia sobre la influencia predominante de factores biológicos y ambientales directos en la configuración de la adiposidad infantil, subrayando la necesidad de intervenciones tempranas centradas en la salud materna.

BIBLIOGRAFÍA

1. Organization WH. Obesity and overweight. Fact Sheet, Genova: p. 4.
2. Lobstein T JLR. Planning for the worst: estimates of obesity and comorbidities in school-age children in 2025. *Pediatric Obesity*. 2016; 11(5).
3. Lawlor DA SGMARMAWGea. Epidemiologic evidence for the fetal overnutrition hypothesis: Findings from the maternity study of pregnancy and its outcomes. *Am J Epidemiology*. 2007; 165(4).
4. Godfrey KM GPHM. Development origins of metabolic disease: life course and intergenerational perspectives. *Trends Endocrinol Metab*. 2020; 21(4).
5. Mamun AA KMOMWGNJCL. Associations of excess weight gain during pregnancy with long-term maternal overweight and obesity: Evidence from 21 years postpartum follow-up. *Am J Clin Nutr*. 2010; 91(5).
6. Weng SF RSSJYMGC. Systematic review and metaanalyses of risk factors for childhood overweight identifiable during infancy. *Arch Dis Child*. 2012; 97(12).
7. Heslehurst N VRAZBHSENLea. The association between maternal body mass index and child obesity: A systematic review and metaanalysis. *Plos Med*. 2019; 11(16).
8. Gluckman PD HM. Living with the past: evolution, development and patterns of disease. *Science*. 2002; 17(305).
9. Sonagra AD PDSRDSMARD. Maternal obesity and neonatal metabolic health: Insight into insulin resistance. *Cureus*. 2024; 10(16).
10. Chen LW TMFMAISLTKea. Which anthropometric measures best reflect neonatal adiposity. *Int J Obesity*. 2018; 42(3).
11. Breda J MKBMWJASAZea. Methodology and implementation of the WHO European Childhood Obesity Surveillance initiative. *Obes Rev*. 2021; 22(6).
12. Peru. INDEE(. Encuesta demográfica y de Salud Familiar. Endes.. [Online]; 2023. Acceso martes de Mayo de 2025. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1950/libro.pdf.
13. 2.6) TJP(. Computer software. [Online]; 2024. Acceso Martes de Mayo de 2025. Disponible en: <https://www.jamovi.org>.
14. Models GMJJam. Jamovi module. [Online]; 2020. Acceso Martes de Mayo de 2025. Disponible en: <https://jamovi-amm.github.io>.
15. Griffiths L HSCTLC. Risk factors for rapid weight gain in preschool children: Finding from a UK-wide prospective study. *Int J Obesity*. 2010; 34(4).
16. Phungs DT WZRSHCCC. Body mass index and risk of pneumonia: A systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*. 2013; 14(10).
17. Ventura AK BL. Does parenting affect children's eating and weight status. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2008; 5(15).
18. MacKinnon DP FAFM. Mediation analysis. *Annu Rev Psychol*. 2007; 58(11).
19. Imai K KLTD. A general approach to causal mediation analysis. *Psychol Methods*. 2010; 15(4).