

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEF)



**Influencia de un programa de ejercicio
físico supervisado durante todo el
embarazo en el desarrollo
antropométrico del niño durante el
primer año de vida. Ensayo Clínico
Aleatorizado**

TESIS DOCTORAL

Presentada para optar al título de Doctor por:

Cristina María Silva José

Máster en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Madrid, 2023



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del deporte
(INEF)

Doctorado en Ciencias De La Actividad Física Y Del Deporte.

Influencia de un programa de ejercicio físico supervisado durante todo el embarazo en el desarrollo antropométrico del niño durante el primer año de vida. Ensayo Clínico Aleatorizado

TESIS DOCTORAL

Presentada para optar al título de Doctor por:

Cristina María Silva José

Máster en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Bajo la dirección de:

Dr. Rubén Barakat Carballo

Dr. Michelle F. Mottola

Madrid, 2023

Título: Influencia de un programa de ejercicio físico supervisado durante todo el embarazo en el desarrollo antropométrico del niño durante el primer año de vida.
Ensayo Clínico Aleatorizado

Autor: Cristina María Silva José

Programa de Doctorado: Doctorado en Ciencias De La Actividad Física Y Del Deporte.

Dirección de tesis:

Dr. Rubén Barakat Carballo, Catedrático de Universidad, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, INEF. Universidad Politécnica de Madrid.

Dr. Michelle F. Mottola, Full Professor & Director of Exercise and Pregnancy Lab, The University of Western Ontario London, Canadá.

Revisores externos:

Tribunal de tesis:

Fecha de defensa:

“Esta tesis ha sido parcialmente financiada por la Convocatoria de Ayudas para contratos predoctorales para la realización del Doctorado en sus Escuelas, Facultad, Centros e Institutos I+D+1 del 2019 del Programa Propio de la Universidad Politécnica de Madrid.

Agradecimientos

Sentarme con calma a escribir estas líneas en lo que está siendo un cúmulo de momento acelerados me hace valorar lo que realmente importa, con quién compartes y lo que aportan a tu vida. Tras este viaje lleno de aprendizajes tengo mucho que agradecer a las personas que han estado a lo largo de estos años.

En primer lugar, a Rubén Barakat, por abrirme las puertas a este mundo tan apasionante, darme su apoyo, compromiso y contar conmigo para esto. Has estado cuando yo no sabía ni cómo podía hacerlo. Me has orientado y comprendido en cada encrucijada con la que tenía que lidiar. Ha sido un camino largo, y nadie dijo que fuera fácil, pero sí que valdría la pena intentarlo y disfrutarlo.

A Michelle Mottola, agradecerte lo que has hecho por mí se queda corto. Me acogiste en un momento complicado en mi estancia en Canadá, intentando hacer que fuera lo más llevadera y productiva en el momento COVID que estábamos viviendo. Me abriste las puertas de tu casa, de forma literal, fuiste ese apoyo necesario cuando se complicaba el estar en un nuevo lugar sin nadie alrededor. Te admiro infinitamente.

A todos los servicios de Obstetricia y Ginecología de los hospitales con los que hemos colaborado estos años, Torrejón, Puerta de Hierro, Vall Hebrón, Clinic de Barcelona, Clínica Zuatzu y al Hospital Universitario Severo Ochoa de Leganés. Mención especial para este último, habéis sido mi segunda casa, me habéis dado desde una consulta hasta una merienda en una de tantas tardes eternas. Sobre todo, a ti, María Ángeles Díaz Blanco, matrona del servicio y excelente profesional. Como bromeamos, eres mi madre de Madrid, gracias por ayudarme en todo, eres una persona excepcional.

Ahora, una parte fundamental de esta tesis, a todas las mamis que han pasado por este proyecto de investigación. Me llevo un trocito de cada una, nos hemos adaptado y aprendido juntas en esto de lo online, gracias por la paciencia tecnológica y personal. A las primeras mamis de Leganés, gracias por haber confiado en este proyecto cuando solo era una semillita: Ana, Tere, Sara, Alicia... con vosotras empezó todo. A mi último grupito presencial también de Leganés, se me queda corto decir lo que cada una de vosotras ha sumado a mi vida: Fátima, Marta, Vane, Susana, Mar, Gisela, Lara, Noelia, Nuria, Jenni, Raquel, Sandra, Vero, Cris, Patri, Olga y Paula. Con muchas sé que me llevo algo más que una relación profesional. Gracias por compartir vuestra energía, vuestras motivaciones, dudas y miedos, me hacéis crecer a diario. Estoy muy orgullosa de las mamis que sois.

A todos los profes de toda mi vida, en especial a Sor Ventura, Manoli, Regina, Moncho, Paco, Flor, Dani, María José, Nuria, Óscar, Ana, Pachi, Helena... me habéis servido de inspiración para llegar a este punto. Gracias por darme alas y valor para no conformarme y dar la mejor versión de mí misma.

A todas las personas que están dentro del INEF de Madrid, por hacerme la estancia mucho más amena y feliz. A todo el PAS que en el día a día estaban brindando su ayuda. En especial a Antonio, Quique, Rosa y Carlos en conserjería, a Agus y demás personal de biblioteca, a Marta de redes sociales y Javi de audiovisuales, a Carmen y Cris y el resto de equipo de limpieza por su labor inconmensurable, a Carlos en imprenta, a Juan Antonio Barrilero por la paciencia y buenas palabras, así como la resolución de papeles en la que eres el número uno. Por último, a Gonzalo, Trini y Juanito, sin olvidarme del resto de equipo de cocina. Han sido muchas horas entre las cuatro paredes de la cafetería, las cuáles son testigo de los momentos más felices y frustrantes de mi etapa aquí. Cuando llegué hace 5 años no entendía el significado de que nuestro INEF es la casa, hoy lo siento, aunque sigo sin saber cómo explicarlo.

Al resto de compañeros y compañeras de trabajo que he tenido durante este curso, gracias por el trabajo duro. A mis compañeros y compañeras del grupo AFIPE, en especial Alba y Virgi. A la nueva generación del CEDI; Áurea y Willy, por el día a día. A las integrantes de la red internacional de ejercicio durante el embarazo; es una pasada aprender de todas vosotras compañeras.

A mi Ulaka Team y vecinos de Solosancho, mi familia de verano, ya no me imagino lo que es mi vida sin vuestra existencia, gracias por abrirme las puertas de vuestra casa y dejarme perder las llaves. Os quiero.

A mis compañeras de todos los equipos deportivos en los que he estado, desde chiquita, me habéis hecho disfrutar del deporte, vivirlo al máximo y querer dedicarme a ello. Gracias en especial a mis compañeras de equipo de la Poli, Tinto Team y actualmente Fuenlabrada FS. Da gusto compartir terreno de juego dentro y fuera de la pista con vosotras. Mención especial a ti, Natalia Orive, tras tantos años quiero decirte que eres mi referente y estoy muy orgullosa de ti. Gracias por confiar en mí y tener siempre la palabra correcta para cada momento, tus VALORES son ley de vida.

A mis amigos y amigas que han estado ahí, a los de siempre, a los del medio y a los de hace poco. La amistad no se mide en tiempo, y sois pocos, pero sois familia, la que se elige, la que suma. A vosotras: María, Antía y Lara sabemos que crecer es una trampa, pero a vuestro lado es más llevadero. A Mauro, Trufis y Andrea, el tiempo es de calidad a vuestro lado. A ti Ane, por ser la vasca más inquieta que conozco con una agenda apretada en la que siempre hay hueco, gracias.

Y que decirte a ti, Ana, mi hermana argentina, que sin ser de sangre para mi eres FAMILIA. Hemos vivido años de anécdotas con buenos y malos momentos, consumimos etapas pero seguimos estando

en el camino. Has estado cuando nadie más supo cómo hacerlo y siempre lo llevaré conmigo. Un gracias se queda corto contigo.

Finalmente, pero no menos importante, un par de personas que han llegado este último año, ya sabéis que compartir momentos con vosotras es oro, me hacéis mejor persona y que la vida sea un poquito menos dura y más feliz, gracias Sandris y Andri. A vuestro lado todo es sencillo, como cantando un estribillo.

A todas las personas maravillosas que me he cruzado en la vida, las que están y las que no, gracias por haber sumado en el tiempo y forma que ha tocado, me lo llevo en la mochila de aprendizajes.

A Chon, por abrirme su casa en este tiempo y tener siempre palabras y gestos de ayuda conmigo. Convivir conmigo y mi desastre a veces es una tarea muy ardua, gracias por tanta paciencia.

A mi tío Chepi, por todo su cariño y vivencias a lo largo de estos años. Siempre estás.

A Carmen, estás en todos mis recuerdos de la infancia, y a día de hoy me sigue emocionando el poder verte. Gracias por cuidarme.

A mamá, eterna guerrera. Tu apoyo y amor incondicional hace que quiera cada día ser mejor persona, que me esfuerce por mis objetivos y que trabaje en mí para ser feliz y estar bien. Tus consejos valen oro, así como tu lealtad. Se que no te lo he puesto fácil y a veces nos empeñamos en complicarlo un poco más. Escribo estas líneas con lágrimas en los ojos y el corazón en un puño, te quiero mucho.

A papá, luchador incansable. Mi mayor ejemplo que seguir en la vida, tu historia de superación y lucha, tu sentido de humor, buenas palabras y abrazos hacen de ti un ser de luz. Eres la piedra angular de esta familia, no sé cómo lo consigues. Gracias por todo. Te quiero mucho.

Cierro etapas, quemando carretera, sin olvidarme de dónde empezó este camino, miña terra galega.

“Y, aun así, después de todo,
intentaría todo esto de nuevo.”

Recycled J.

RESUMEN

Introducción: El adecuado desarrollo del proceso de embarazo y parto puede resultar determinante para la salud futura de madre e hijo/a. En este punto, el organismo materno debe adaptarse a las necesidades originadas por el crecimiento y desarrollo fetal para un correcto proceso de embarazo y cualquier desequilibrio o complicaciones en cualquier sistema pueden ocasionar riesgos importantes para el bienestar materno, fetal y del recién nacido. Por ello, la teoría sobre los Orígenes Evolutivos de la Salud y la Enfermedad (DOHaD) se basa en el vínculo entre exposiciones maternas durante el embarazo, resultados del nacimiento y el riesgo de enfermedades crónicas en la vida posterior. En este sentido, se ha observado un aumento vertiginoso de la prevalencia del sobrepeso y la obesidad infantil; enfermedad compleja y multifactorial, en donde un desencadenante inicial es el posible rol epigenético que supone el estilo de vida llevado durante el embarazo.

Objetivo: Examinar la eficacia de un programa de ejercicio físico aeróbico y supervisado durante el embarazo, impartido con carácter no-presencial, en la disminución del riesgo de sobrepeso y obesidad infantil durante el estado de pandemia.

Material y método: Se realizó un Ensayo Clínico Aleatorizado (ECA) en colaboración con el Hospital Universitario Severo Ochoa de Leganés. Mujeres gestantes sanas entre la semana 10 y 16 de embarazo mayores de 18 años y sin contraindicaciones para realizar ejercicio físico fueron reclutadas durante la primera consulta prenatal para ser asignadas a uno de los diferentes grupos de estudio. Las mujeres del Grupo Intervención (GI) participaron en un programa online de ejercicio físico; supervisado por profesionales de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, con sesiones de 60 minutos de intensidad moderada en tres días a la semana durante todo el embarazo. Las mujeres del Grupo Control (GC) recibieron el control y tratamiento obstétrico rutinario junto con informaciones para un embarazo saludable. Se recogieron los datos de peso y talla del infante durante el primer año a través de los registros hospitalarios. Asimismo, otras variables maternas y

neonatales fueron observadas para ver la influencia del programa en las mismas.

Resultados: Se asignaron 280 mujeres al GI (n= 140) y al CG (n=140). La adherencia media al programa de ejercicio físico ha sido del del $84,01 \pm 9,34$. Se encontraron diferencias significativas con mayores casos de sobrepeso en el grupo control en los registros del primer mes ($\chi^2 (2) = 5,354$; $p = 0,023$, $V_c = 0,188$), segundo mes ($\chi^2 (2) = 5,139$; $p = 0,038$, $V_c = 0,187$), cuarto mes ($\chi^2 (2) = 4,931$; $p = 0,042$, $V_c = 0,183$), sexto mes ($\chi^2 (2) = 5,738$; $p = 0,028$, $V_c = 0,194$) y a los doce meses tras el nacimiento ($\chi^2 (2) = 7,230$; $p = 0,013$, $V_c = 0,231$). La probabilidad de tener sobrepeso y riesgo de obesidad infantil fue superior en la descendencia de las mujeres del GC en todas las mediciones posparto ($p < 0,05$). Se identificaron puntuaciones significativamente mayores en Apgar 1 en el GI ($t_{171} = 2,709$; $p = 0,007$; $d = 0,393$ y una menor incidencia de ingresos en la unidad de cuidados intensivos neonatal en el GI en relación con el GC ($\chi^2 (1) = 15,578$; $p = 0,000$, $V_c = 0,291$). También, se encontraron diferencias significativas en las tasas de bajo peso de nacimiento (11,5% vs 4,4%) y macrosomía (9,2% vs 2,2%) en el grupo control ($\chi^2 (2) = 6,169$; $p = 0,021$, $V_c = 0,187$) así como, bebés con un peso más adecuado para su edad gestacional en el grupo intervención en relación con el control (79,1% vs 64,0%) ($\chi^2 (2) = 5,598$; $p = 0,027$, $V_c = 0,178$).

Conclusión: Un programa online de ejercicio físico supervisado de intensidad moderada llevado a cabo durante todo el embarazo puede ayudar en la reducción de la incidencia de sobrepeso infantil y por ende el riesgo de obesidad durante el primer año de vida.

ABSTRACT

Introduction: The proper development of the pregnancy and childbirth process can be decisive for the future health of mother and child. At this point, the maternal body must adapt to the needs caused by fetal growth and development for a correct pregnancy process and any imbalances or complications in any system could cause significant risks for the well-being of the mother, fetus and newborn. Therefore, the Evolutionary Origins of Health and Disease (DOHaD) theory is based on the link between maternal exposures during pregnancy, birth outcomes, and the risk of chronic diseases in later life. In this sense, a dramatic increase in the prevalence of childhood overweight and obesity has been observed; complex and multifactorial disease, where an initial trigger is the possible epigenetic role of the lifestyle led during pregnancy.

Objective: To examine the effectiveness of an online supervised aerobic physical exercise program during pregnancy in reducing the risk of childhood overweight and obesity during the pandemic moment.

Material and method: A Randomized Clinical Trial (RCT) was carried out in collaboration with the Severo Ochoa University Hospital in Leganés. Healthy pregnant women between weeks 10 and 16 of pregnancy over 18 years of age and without contraindications to physical exercise were recruited during the first prenatal consultation to be assigned to one of the different study groups. The women in the Intervention Group (IG) participated in an online physical exercise program; supervised by professionals in Physical Activity and Sports Sciences, with 60-minute sessions of moderate intensity three days a week throughout the pregnancy. The women in the Control Group (CG) received routine obstetric control and treatment along with information for a healthy pregnancy. Data on the infant's weight and height during the first year were collected through hospital records. Likewise, other maternal and neonatal variables were observed to see the influence of the program on them.

Results: 280 women were assigned to the IG (n= 140) and the CG (n=140). The average adherence to the physical exercise program was 84.01 ± 9.34 . Significant differences were found with greater

cases of overweight in the control group in the records of the first month ($\chi^2 (2) = 5.354; p = 0.023$, $V_c = 0.188$), second month ($\chi^2 (2) = 5.139; p = 0.038$, $V_c = 0.187$), fourth month ($\chi^2 (2) = 4.931; p = 0.042$, $V_c = 0.183$), sixth month ($\chi^2 (2) = 5.738; p = 0.028$, $V_c = 0.194$) and twelve months after birth ($\chi^2 (2) = 7.230; p = 0.013$, $V_c = 0.231$). The probability of being overweight and risk of childhood obesity was higher in the offspring of CG women in all postpartum measurements ($p < 0.05$). Significantly higher Apgar 1 scores were identified in the IG ($t_{171} = 2.709; p = 0.007; d = 0.393$) and a lower incidence of admissions to the neonatal intensive care unit in the IG in relation to the CG ($\chi^2 (1) = 15.578; p = 0.000$, $V_c = 0.291$). Also, significant differences were found in the rates of low birth weight (11.5% vs 4.4%) and macrosomia (9.2% vs 2.2%) in the control group ($\chi^2 (2) = 6.169; p = 0.021$, $V_c = 0.187$) as well as babies with a weight more appropriate for their gestational age in the intervention group in relation to the control (79.1% vs 64.0 %) ($\chi^2 (2) = 5.598; p = 0.027$, $V_c = 0.178$).

Conclusion: An online program of supervised physical exercise of moderate intensity carried out throughout pregnancy could help reduce the incidence of childhood overweight and therefore the risk of obesity during the first year of life.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	27
1.1. Modificaciones generales durante el embarazo.	27
1.1.1. Las adaptaciones constantes y complejas del organismo materno.	27
1.1.2. Cambios genitales y mamarios durante el embarazo.....	29
1.1.3. Cambios Extra-genitales durante el embarazo.....	29
1.1.4. Cambios locomotores	30
1.1.5. Cambios cardiovasculares	34
1.1.6. Cambios hematológicos.....	36
1.1.7. Cambios respiratorios	37
1.1.8. Cambios psíquicos y emocionales.....	39
1.1.9. Cambios metabólicos.....	39
1.2. La importancia en el control de la ganancia de peso materno	41
1.3. Epigenética. ¿Qué es?	47
1.4. Teoría DOHaD.....	48
1.5. Obesidad infantil	50
1.6. Patrones de la OMS.....	51
1.6.1. Fortalezas y limitaciones de los estándares	54
1.7. La importancia de los primeros años de vida.....	55
1.8. La actividad física y ejercicio físico durante el embarazo: prevalencia y patrones... 	56
1.9. Efectos de la actividad física en parámetros materno- fetales	60

1.10.	Efectos de la actividad física en parámetros del recién nacido	60
1.11.	Efectos de la actividad física en parámetros del infante	65
1.11.1.	Modelo animal	66
1.11.2.	Estudios en infantes	66
2.	HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	69
2.1.	Hipótesis.....	69
2.2.	Objetivos	69
2.2.1.	Primario.....	69
2.2.2.	Secundarios	69
3.	MATERIAL AND METHODS.....	70
3.1.	Study design.....	70
3.2.	Participants and Randomization	71
3.3.	Inclusion criteria	71
3.4.	Power sample calculation, random asignement	73
3.5.	Outcomes	73
3.5.1.	Primary Outcome	74
3.5.2.	Secondary Outcomes	75
3.6.	Study groups.....	76
3.6.1.	Control Group (CG).....	76
3.6.2.	Intervention Group (IG)	77
3.7.	Statistical analysis	84
4.	MATERIAL Y MÉTODOS	85

4.1.	Diseño del estudio.....	85
4.2.	Participantes y aleatorización.....	86
4.3.	Criterios de inclusión.....	86
4.4.	Cálculo del tamaño muestral y asignación aleatoria	88
4.5.	Variables	88
4.5.1.	Variable principal.....	89
4.5.2.	Variables secundarias	90
4.6.	Grupos de estudio	91
4.6.1.	Grupo control.....	91
4.6.2.	Grupo Intervención	92
4.7.	Análisis estadístico	99
5.	RESULTADOS.....	100
5.1.	Muestra del estudio.....	100
5.2.	Características maternas generales.....	102
5.3.	Características del recién nacido y bebé durante el primer año de vida.....	103
5.4.	Características de nacimiento y recién nacido.	110
5.5.	Características maternas relativas a la evolución del embarazo.....	113
5.6.	Adherencia al programa de ejercicio y abandono del estudio.....	114
6.	DISCUSIÓN.....	114
6.1.	Objetivos generales	114
6.2.	Desempeño de variables principales	116
6.3.	Desempeño de variables secundarias	117

6.4. Principales aportaciones para el conocimiento científico.....	118
7. CONCLUSIONS	119
8. CONCLUSIONES.....	120
9. LIMITACIONES Y FORTALEZAS DEL ESTUDIO	121
10. FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN.....	122
11. REFERENCIAS	123
12. ANEXOS	166
12.1. Consentimiento informado.....	166
12.2. Hoja de información del estudio	167

Lista de Figuras

Figura 1. Cambios genitales durante el embarazo	28
Figura 2. Cambios extra-genitales durante el embarazo.....	28
Figura 3. Adaptaciones anatómicas, morfológicas y musculoesqueléticas durante el embarazo.....	30
Figura 4. Desplazamiento del centro de gravedad durante el embarazo.	31
Figura 5. Metabolismo de los carbohidratos en la segunda mitad del embarazo.	41
Figura 6. Influencia de diferentes factores de desarrollo en la descendencia.....	49
Figura 7. Implementación de los Estándares de crecimiento infantil de la Organización Mundial de la Salud	52
Figura 8. El curso de la vida y los enlaces casuales propuestos de la programación epigenética....	55
Figura 9. Mapa de interacciones de la irrupción del COVID-19 durante el embarazo en gestantes del programa de ejercicio físico	59
Figure 10. Study algorithm.....	71
Figure 11. Decision Algorithm for excessive pregnant women in the control group.....	77
Figure 12. Attendance evaluation protocol.....	78
Figure 13. Borg’s Rating of Perceived Exertion Scale.....	80
Figure 14. Percentages of each aspect of the program based on Barakat Model	82
Figura 15. Algoritmo del estudio.....	86
Figura 16. Algoritmo de decisión para gestantes excesivamente activas del grupo control	92
Figura 17. Protocolo de evaluación de asistencia.....	93
Figura 18. Escala de Esfuerzo percibido de Borg	95
Figura 19. Porcentajes de cada aspecto del programa basado en el Modelo Barakat	97
Figura 20. Diagrama de flujo de las participantes del estudio.....	101

Listado de Tablas

Tabla 1. Cambios cinemáticos de la marcha durante el segundo y tercer trimestre de gestación ...	33
Tabla 2. Principales cambios cardiovasculares durante el embarazo	34
Tabla 3. Recomendaciones de ganancia de peso total y parcial durante el embarazo según el índice de masa corporal materno pregestacional.....	43
Tabla 4. Análisis de la ganancia de peso materno durante el embarazo	44
Table 5. Contraindications for the practice of physical exercise	72
Table 6. Study variables collected during pregnancy and postpartum period.	74
Table 7. Cut-off points for the main study variable.....	75
Tabla 8. Contraindicaciones para la práctica de ejercicio físico	87
Tabla 9. Variables de estudio recogidas durante el embarazo y posparto.....	89
Tabla 10. Puntos de corte para la variable principal de estudio.	90
Tabla 11. Características maternas al inicio del estudio.....	102
Tabla 12. Variables antropométricas del bebé durante el primer año tras el nacimiento.....	104
Tabla 13. Tipo de lactancia durante el primer año desde el nacimiento.....	105
Tabla 14. Variables antropométricas de niñas durante el primer año tras el nacimiento.	106
Tabla 15. Variables antropométricas de niños durante el primer año tras el nacimiento.....	107
Tabla 16. Frecuencias y porcentajes de subgrupos de IMC durante el primer año tras el nacimiento.	108
Tabla 17. Análisis univariable y multivariable (regresión logística multinomial) para el riesgo de obesidad infantil en los grupos de estudio.....	110
Tabla 18. Variables de nacimiento y del recién nacido entre el GI y GC.	111
Tabla 19. Variables maternas durante el embarazo.....	113

Lista de acrónimos

°: grados

°C: grados centígrados

ACOG: The American College of Obstetricians and Gynecologists

ADN: ácido desoxirribonucleico

AEG / AGA: adecuado para la edad gestacional /adequate for gestational age

AF: actividad física

ARN: ácido ribonucleico

C/E: Coordinación y equilibrio postural / Coordination and Posture Equilibrium (balance)

CDG: centro de gravedad

CEIC: Comisión Ética de Investigación Clínica

CESVIMA: Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid

CI: coeficiente intelectual

cm: centímetros

COVID-19: Coronavirus Disease 2019

DMG: diabetes mellitus gestacional

DOHaD: Orígenes Evolutivos de la Salud y la Enfermedad

E/R / S/R: Estiramiento y Relajación / Stretching and Relaxation

ECA / RCT: ensayo clínico aleatorizado / randomized clinical trial

EGPG: excesivas ganancias de peso gestacional

ESP / PFT: Entrenamiento del suelo pélvico / Pelvic Floor Training

FCM / MHR: frecuencia cardíaca materna / maternal heart rate

FM / MS: Fortalecimiento Muscular / Muscular Strengthen

GC / CG: grupo control /control group

GEG / LGA: grande para la edad gestacional / large for gestational age

GEG: grande para la edad gestacional

GI / IG: grupo intervención / intervention group

GPG: ganancia de peso gestacional

gr: gramos

IC: intervalo de confianza

IMC / BMI: índice de masa corporal / body mass index

IOM: instituto de medicina

IP: índice ponderal

kg: kilogramos

LDL: lipoproteínas de baja densidad

m: metro

m²: metro cuadrado

MGRS: Multi-Country Growth Reference Study

miARN: micro ácido ribonucleico

min: minutos / minutes

ml: mililitros

n: tamaño muestral

NHANES: National Health and Nutrition Examination Survey

ODS: objetivos de desarrollo sostenible

OMS: organización mundial de la salud

ONU: Organización de las Naciones Unidas

P: percentil

PCO₂: presión parial de dióxido de carbono

PEG / SGA: pequeño para la edad gestacional / small for gestational age

pH: potencial de hidrógeno

RA / AE: Capacidad de resistencia aeróbica / Aerobic endurance capacity

RCIU: Restricción de crecimiento intrauterino

RDM: rango de movimiento

REDCap: Research Electronic Data Capture

RM / OR: razón de momios / odd ratio

s: segundos / seconds

SC: sin consenso

SD: sin datos

sem: semana

SPSS: Statistical Package for Social Sciences

T: trimestre

UNCI / NICU: unidad neonatal de cuidados intensivos / neonatal intensive care unit

UPM: Universidad Politécnica de Madrid

Glosario

Alcalosis: exceso de alcalinidad en la relación ácido-base en el torrente sanguíneo.

Angiogénesis: proceso de formación de vasos sanguíneos

Apgar: test aplicado al minuto y a los 5 minutos de vida para valorar el estado general del recién nacido.

Brazo de momento: distancia perpendicular entre un eje de rotación y la línea de acción de la fuerza actuante.

Centro de masa: punto promedio de la repartición de masas de un objeto.

Cetosis: disposición metabólica del organismo en ausencia de carbohidratos

Consumo de oxígeno: volumen de oxígeno consumido en función del metabolismo individual y de la condición fisiológica de la actividad a realizar.

Cérvix: parte baja de la matriz del útero. Sinónimo: cuello uterino.

Epigenoma: conjunto de compuestos químicos que modula la expresión génica.

Fascia: estructura de tejido conectivo que recubre estructuras del sistema esquelético y muscular.

Fenotipo: conjunto de rasgos observables de un ser vivo.

Fibrinógeno plasmático: proteína soluble causante de la formación de coágulos en sangre

Fosfolípidos: molécula lipídica integrante de la membrana celular.

Gasto cardíaco: volumen de sangre bombeada por el corazón por minuto.

Hematocrito: relación entre el volumen de glóbulos “rojos” y el total de sangre.

Hiperemia: aumento de sangre en un tejido u órgano concreto.

Hiperglucemia: niveles de glucosa en sangre superiores al rango normal de referencia.

Hiperinsulinemia: niveles de insulina en sangre superiores al rango normal de referencia.

Hipertrigliceridemia: concentración de triglicéridos en sangre superior al rango normal de referencia.

Hipoglucemia: niveles de glucosa en sangre inferior al rango normal de referencia.

Hipoinsulinemia: niveles de insulina en sangre inferiores al rango normal de referencia.

Histonas: proteína básica de apoyo para la formación de un cromosoma.

Lactógeno placentario: hormona producida por la placenta durante el embarazo.

Leucocitosis: aumento de la concentración de glóbulos blancos en sangre.

Líquido intersticial: sustancia que ocupa el espacio entre células.

Líquido amniótico: fluido en que rodea al feto dentro del saco amniótico durante el embarazo.

Maniobra de Valsalva / Valsalva maneuver: bloqueo de la glotis en la espiración que supone un incremento de la presión intratorácica.

Meconio: evacuación primaria de heces del recién nacido.

Parestesia: trastorno de la sensibilidad asociado a patologías tanto del sistema nervioso central como periférico que provoca adormecimiento u hormigueo en la zona afectada.

Placenta: órgano desarrollado durante el embarazo por el útero.

Policitemia: producción excesiva de glóbulos rojos por la médula ósea.

Postprandial: adjetivo relativo al período posterior a la ingesta de alimentos.

Presión arterial pulsátil: diferencia entre los valores de presión arterial diastólica y sistólica.

Relaxina: hormona proteica encargada de la preparación del canal de parto y glándulas mamarias.

Volumen sistólico: cantidad de sangre bombeada por el corazón hacia la aorta en cada sístole.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Modificaciones generales durante el embarazo.

1.1.1. Las adaptaciones constantes y complejas del organismo materno.

El adecuado desarrollo del proceso de embarazo y parto puede resultar determinante para la salud futura de madre e hijo/a, ya que no existe en la vida de un ser humano un período con tal cantidad y calidad de cambios de todo tipo. Esto es así debido a que todos los ámbitos del organismo materno deben adaptarse a las necesidades originadas por el crecimiento y desarrollo fetal, lo que provoca en la mujer gestante una auténtica revolución física, mental y emocional, y al mismo tiempo un importante desafío vital por mantener la necesaria homeostasis materno-fetal. La aparición de desequilibrios y complicaciones en cualquiera de los ámbitos del organismo de la mujer pueden ocasionar riesgos importantes para el bienestar materno, fetal y del recién nacido (1,2,3).

De tal forma, vemos que la propia naturaleza del proceso de embarazo, el nuevo entorno sanitario y social generado por la reciente pandemia, junto con los efectos de los actuales estilos de vida, favorecen un claro aumento en el riesgo de complicaciones y patologías que, en mayor o menor medida, pueden alterar cada uno de los procesos y modificaciones que el embarazo genera en la mujer. Es importante recordar que estas modificaciones implican a todos los ámbitos del organismo materno (fisiológico, mental, emocional) y su evolución no es de ninguna manera homogénea (4)

Por todo ello, el embarazo supone para la mujer un constante esfuerzo de reajustes dentro de su organismo, que aseguren las condiciones para un adecuado crecimiento y desarrollo embrionario, fetal y del recién nacido, siendo la salud de la madre y, naturalmente del entorno intrauterino, un factor básico y fundamental para la salud fetal y del recién nacido/a (5). Recientes estudios de tendencia epigenética extienden esa influencia e informan que el entorno intrauterino es, en gran medida determinante del bienestar del futuro ser humano, lo que más adelante veremos con mayor detalle.

Seguramente una de las razones fundamentales que justifican el protagonismo y la responsabilidad

del organismo materno en la salud del feto, el recién nacido/a e incluso del futuro ser humano, se encuentren en la gran cantidad y calidad de cambios a los que el cuerpo de la mujer se debe enfrentar durante el embarazo (6), dividiéndose claramente como muestran las Figuras 1 y 2 en Genitales y mamarios por un lado, y Extra-genitales por el otro. Veremos ambos a continuación sin olvidar que cualquier desequilibrio en éstos puede alterar la salud de madre e hijo/a.

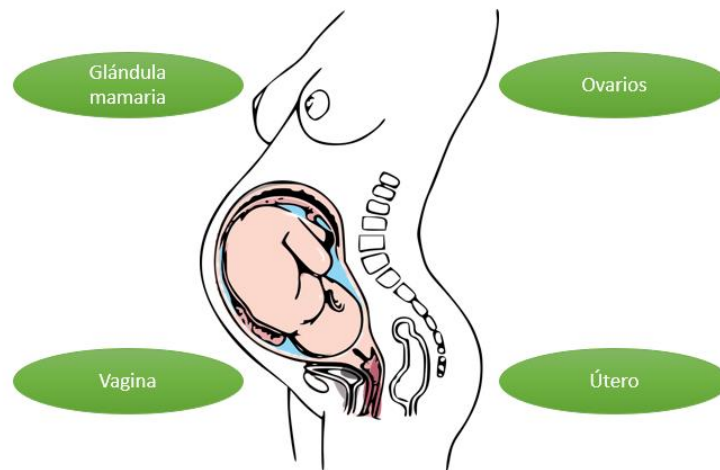


Figura 1. Cambios genitales durante el embarazo (elaboración propia).

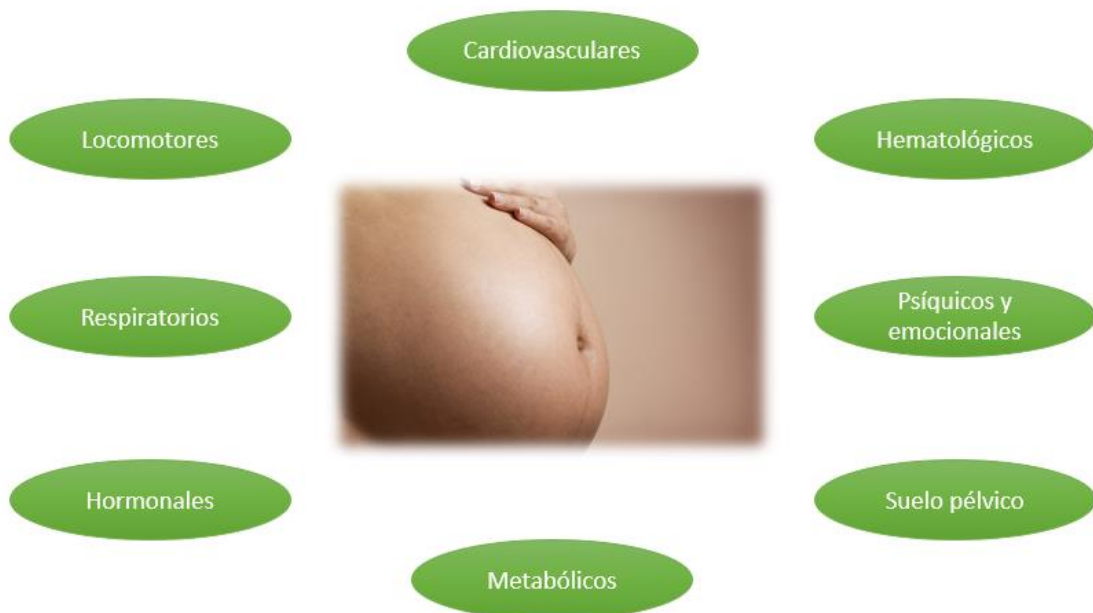


Figura 2. Cambios extra-genitales durante el embarazo (elaboración propia).

1.1.2. Cambios genitales y mamarios durante el embarazo

Útero: El útero experimenta modificaciones durante el embarazo para cumplir dos funciones (6):

a) Ser el órgano de la gestación; en su interior se desarrolla el feto y su flujo sanguíneo aporta los elementos respiratorios y nutritivos necesarios para el crecimiento fetal.

b) Ser el motor del parto; el útero es un potente órgano contráctil que genera la fuerza necesaria para lograr la expulsión del feto durante el parto.

El útero es un órgano pequeño, con una cavidad prácticamente virtual que durante la gestación se transforma en un saco muscular que contiene en su interior el feto, la placenta y el líquido amniótico.

El peso del útero no gestante es de unos 50-70 grs. y su capacidad de unos 10 ml; al final de la gestación alcanza un peso de unos 1000 grs. y su cavidad tiene una capacidad de unos 5000 ml (6).

Las modificaciones uterinas, tanto a nivel fúndico-corporal como a nivel cervical, explican el sinergismo en el inicio del trabajo de parto: el útero gestante relajado contiene el producto de la concepción, al tiempo que el cérvix, cerrado, retiene al feto; al inicio del trabajo de parto, el útero se contrae, expulsando al feto, aspecto que está favorecido por el borrado y la dilatación cervical.

Ovario: Durante la gestación cesa la maduración folicular y la ovulación.

Vagina: La vagina aumenta su vascularización, adquiriendo una coloración rojo-vinosa y su contenido en tejido conectivo, lo que produce un reblandecimiento extremo, hecho que facilita la distensión durante el trabajo de parto. La secreción vaginal aumenta, sobre todo al final de la gestación.

Glándula mamaria: A partir del segundo mes las mamas aumentan de tamaño, por la acción esteroidea, y se hacen visibles unas finas venas bajo la piel (red venosa de Haller). Durante el embarazo, puede aparecer una mastalgia (dolor de mamas), que se manifiesta especialmente durante el primer trimestre.

1.1.3. Cambios Extra-genitales durante el embarazo

En este caso se hace interesante observar, en cada uno de los diferentes sistemas que se ven modificados por las imposiciones propias del proceso de embarazo, las posibles complicaciones o patologías que una gestación desequilibrada puede generar, destacando como dijimos anteriormente la compleja asociación entre alguna de estas alteraciones y la salud del feto y futuro/a niño/a.

1.1.4. Cambios locomotores

Las modificaciones en el aparato locomotor son responsables de sintomatologías propias durante el embarazo (Figura 3). La mayoría de las mujeres suelen experimentar algún grado de malestar musculoesquelético (7). La parestesia y el dolor en las extremidades superiores son consecuencias de una lordosis cervical acentuada y un colapso del cinturón escapular, aconteciendo con más frecuencia en el tercer trimestre (6, 8, 9).



Figura 3. Adaptaciones anatómicas, morfológicas y musculoesqueléticas durante el embarazo (adaptado de Santos-Rocha (4)).

Una afección común es el síndrome del túnel carpiano causado por la compresión del nervio mediano en el paso a través del túnel carpiano en la zona anterior de la muñeca. Su sintomatología se caracteriza por dolor y parestesias en horario nocturno en el área inervada por el nervio mediano, volviendo a su estado normal después del parto (10).

A medida que avanza el embarazo, el útero agrandado desplaza superior y anteriormente el centro de masa (11,12) alargando el brazo de momento de los estabilizadores pélvicos y generando un aumento de tensión en esta musculatura próxima a la columna (13). Este desplazamiento del centro de gravedad (CDG) en bipedestación se ocasiona hasta que el feto alcanza el 40% del peso final esperado (14) y, a partir de ese momento, la mujer ajusta su posición para un mejor control del CDG, pero con mayores costos biomecánicos (11).

Este proceso supone cambios en la curvatura de la columna a nivel cervical, lumbar y torácico. Tradicionalmente, se consideraba a la hiperlordosis como una complicación o patología de la gestante, no obstante, actualmente se considera esto como un hecho aparente, ya que la mujer compensa la desviación de su centro de gravedad, no mediante hiperlordosis, sino mediante el desplazamiento de todo el eje craneocaudal hacia atrás (Figura 4).

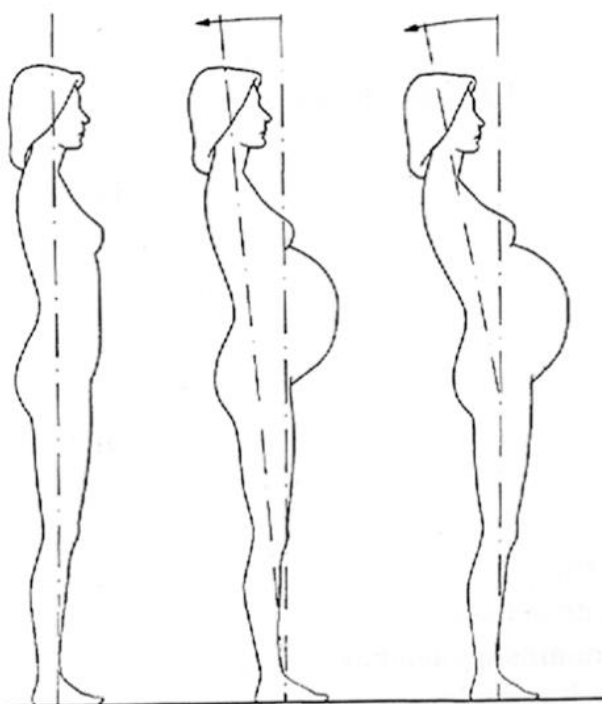


Figura 4. Desplazamiento del centro de gravedad durante el embarazo (4).

Esta nueva posición puede provocar lumbalgia; una de las afecciones de mayor prevalencia (15)

durante el embarazo con porcentajes del 40% frente a la población general 6,3% (16) suponiendo la existencia de una higiene postural limitada. Ocasionalmente, una lumbociática se origina debido a la compresión del nervio ciático aumentando el dolor en la zona irrigada y desarrollando una discapacidad funcional (10). Además, supone un incremento del pico de concentración de la relaxina a partir de la semana 12 de gestación, lo que significa que hay tiempo suficiente para actuar sobre las estructuras osteoarticulares hasta el final del embarazo. Además, la acción hormonal aumenta la movilidad y relajación de las articulaciones sacroilíacas durante el embarazo llegando a difundir potencialmente el dolor en la zona (4).

Estas adaptaciones, a su vez, estirarán los músculos abdominales (13). Eventualmente, se crea una diástasis de los rectos del abdomen donde estos músculos se separan de la línea media con extensiones variables en función de cada mujer y derivando en situaciones donde el útero solo está cubierto por fina capa de peritoneo, fascia y piel (6).

Al final del embarazo, también pueden ocurrir parestesia en las extremidades inferiores como consecuencia de cambios compresivos, por ejemplo: edema de las vainas o presión de la cabeza fetal que pueden contribuir a la cantidad y calidad de actividad física que la mujer gestante realiza en la última etapa de su embarazo (17).

De igual forma, estas modificaciones suponen un riesgo; sobre todo de caídas, al generarse un aumento de la inestabilidad del balanceo postural en la dirección anterior-posterior (18) pero sin aumento en la inestabilidad lateral por una autocorrección del ancho de la postura la mujer gestante lo que permite minimizar los efectos del aumento de peso y del perímetro del tronco (4).

A esto se suma las alteraciones en el patrón de marcha que pueden contribuir a un sobreuso musculoesquelético tanto en la región paravertebral como miembros inferiores (11), la cadera y la espalda baja (11,19,20). Este patrón de marcha se ve alterado al encontrar disminución significativa en la velocidad (21,22), una reducción significativa en la cadencia de la marcha (21), una disminución significativa en la duración del ciclo de la marcha (22-26) y en la longitud del paso

(21,22,25), y un aumento significativo en el tiempo de doble apoyo (11,24-27). Por ello, esta variabilidad sugiere un control neuromuscular más deficiente durante el ciclo de marcha, lo que podría derivar en las caídas (28), mencionadas anteriormente. En este sentido, estas variaciones a nivel articular se pueden analizar mediante la cinemática o la cinética.

La cinemática articular de la extremidad inferior durante la marcha no muestra cambios en el primer trimestre, algún cambio limitado en el segundo trimestre y la gran exposición de cambios suceden durante el tercer trimestre. Los cambios más característicos se exponen en la Tabla 1 (4).

Tabla 1. Cambios cinemáticos de la marcha durante el segundo y tercer trimestre de gestación (4).

	SEGUNDO TRIMESTRE	TERCER TRIMESTRE
CADERA	Disminuye extensión cadera Disminuye abducción cadera Aumenta rotación interna de cadera	Disminuye extensión cadera Disminuye abducción cadera Aumenta rotación interna de cadera
PELVIS	Aumento Inclinación pélvica anterior 5°	Aumento Inclinación pélvica anterior 5° Descenso de elevación pélvica Descenso del rango de movimiento (RDM) en flexión/extensión y rotación lateral pélvica y espina toracolumbar Descenso RDM en movimiento pélvico de inclinación lateral
RODILLA	Aumento Flexión de rodilla	Aumento Flexión de rodilla Descenso RDM de rodilla durante la fase de vuelo
TOBILLO	Disminuye dorsiflexión tobillo	Disminuye dorsiflexión tobillo Disminuye flexión plantar Aumento de la inversión y eversión máxima Aumento RDM de la rotación del pie

A nivel cinético, se encuentra una disminución significativa en el componente vertical de la fuerza de reacción del suelo (29-32) así como en menor medida en el componente anterior y posterior (29,31,32). No obstante, se ha encontrado que al final del embarazo la fuerza de reacción contra el suelo tendía a aumentar en las direcciones medial y lateral durante la fase de apoyo al caminar (31-33) maximizando la estabilidad para controlar el movimiento. Específicamente, con las medidas de presión plantar se determina la distribución del apoyo en las regiones del pie. La evidencia científica muestra resultados dispares para el antepié, apuntando por un lado a la disminución en las presiones

máximas (34-36) y por otro lado a un aumento en la presión máxima (37-40). Se encuentra disparidad también para el retropié, señalando por una parte una disminución de la presión máxima (36-37) y otros estudios sugieren un aumento de la presión máxima (34,35,39). No obstante, el consenso es mayor para el mediopié en donde el pico de presión es mayor durante el embarazo (34,36,37).

La evidencia científica refiere que todo el conjunto de cambios ocasionados en la región del pie puede ser responsable de las molestias musculoesqueléticas de miembros inferiores (34) y del dolor de pies en mujeres embarazadas; aunque este puede aliviarse mediante el ejercicio y modificaciones en el calzado (38). No obstante, estos ajustes corporales son necesarios para que la mujer mantenga la estabilidad dinámica durante la marcha (36,41).

1.1.5. Cambios cardiovasculares

El cuerpo humano durante el embarazo debe verse modificado continuamente para favorecer el desarrollo de la nueva vida que está gestando. En un embarazo normal, el sistema cardiovascular materno experimenta cambios esenciales en su estructura y función que son necesarios para soportar las demandas fetales, y esto conduce a una cantidad considerable de estrés en el corazón materno (42). Estos cambios empiezan alrededor de la semana 5 de gestación y pueden continuar hasta un año después del parto (43,44). La mayoría dependen de la paridad materna, la edad y el índice de masa corporal entre otros indicadores (45-46) (Tabla 2).

Tabla 2. Principales cambios cardiovasculares durante el embarazo (4).

Cambio	Magnitud	Trimestre		
		Primer	Segundo	Tercer

			trimestre	trimestre	trimestre
<i>Cambios hemodinámicos</i>					
Resistencia Vascular	-	30%	-	-	+
Volumen sanguíneo	+	40-45%	+	+	SD*
Bombeo cardíaco	+	30-50%	+	+	SC^
Frecuencia cardíaca	+	15-30%	+	+	+
Volumen sistólico	+	20-30%	+	+	SC
Presión arterial sistólica	SD				
Presión arterial diastólica	-	10 mmHg	-	- / =	+
<i>Cambios estructurales</i>					
Elasticidad de la arteria aorta	+	30%	+	SD	SD
Tamaño del corazón	+	30%	+	+	+
Aurícula izquierda	+	16-40%	+	+	+
<i>Ventrículo izquierdo</i>					
Dimensión diastólica	+	20%	+	SD	SD
Dimensión sistólica	+	10%	+	+	+
Espesor de la pared	+	15-25%	+	+	+
Estrés	+	17%	+	SD	-
Masa	+	50%	+	+	+
Función sistólica	SC				
Función diastólica	-		+	+	-

*SD: sin datos; ^SC: sin consenso.

El principal indicador de cambio hemodinámico que se puede evidenciar es un aumento de hasta el 30% de la frecuencia cardíaca materna (47,48). El volumen sanguíneo aumenta en un 40-45% (49) y los glóbulos rojos en un 18-25% derivando en una disminución del hematocrito conocida como anemia fisiológica del embarazo (47).

Las alteraciones hemodinámicas persisten durante todo el embarazo, con cambios específicos en cada trimestre, encontrando una reducción del alrededor el 30% en la resistencia vascular materna total hasta las 28 semanas de gestación seguida de un aumento considerable a término (48,50). En respuesta a esta reducción normal de resistencia vascular materna (42), sucede una modificación estructural de la arteria aorta aumentando su flexibilidad en un 30% (51) para favorecer el transporte sanguíneo.

Este cambio supone una reducción de la presión arterial materna (específicamente la presión arterial diastólica) durante el primer y segundo trimestre y un aumento a niveles normales en el tercer trimestre (52,53).

El consenso establece un aumento del cardíaco materno y el volumen sistólico del primer al segundo

trimestre en 30 a 50% y 20 a 30%, respectivamente. Sin embargo, la literatura previa ha sido inconsistente con respecto al tercer trimestre, encontrando estudios que exponen una disminución en el gasto cardíaco y el volumen sistólico (47,48), otros que informan su aumento (53,54) e incluso otros que no aportan variaciones (55-57).

Las modificaciones hemodinámicas del corazón son las que más tiempo persisten en el organismo materno. El aumento del volumen sistólico se atribuye a un aumento del volumen sanguíneo y la precarga, derivando en un aumento gradual del tamaño del corazón aumenta gradualmente en un 30% (47,58) al verse incrementadas las dimensiones telediastólicas en la aurícula y ventrículo izquierdos. Además, también es observable un ligero aumento de la dimensión sistólica del ventrículo izquierdo en un embarazo normal (59).

En este sentido, las paredes del corazón aumentan de grosor desde las primeras semanas de gestación (42) para minimizar el estrés en el corazón, conduciendo a una hipertrofia excéntrica por el cambio en el patrón geométrico del ventrículo izquierdo, y que, en población no gestante, se asocia típicamente con un estímulo de ejercicio y embarazo. No obstante, si se produce una adaptación estructural anormal provocaría una remodelación o hipertrofia concéntricas causando complicaciones de salud durante y después del embarazo (60).

La evidencia científica es inconsistente en cuanto a la función cardíaca materna encontrando investigaciones que sugieren una mejora en la función sistólica (59) o e incluso sin cambios manifiestos (48,50).

Por último, a medida que avanza la gestación, se ve aumentada la capacidad del corazón materno para relajarse, implicando mejoras en la función diastólica hasta el tercer trimestre punto en el cual disminuye de forma normal y gradual hasta el momento del parto (53,57).

1.1.6. Cambios hematológicos

Las modificaciones hematológicas se originan como respuesta a la gestación, satisfaciendo las necesidades corporales tanto de madre como feto en crecimiento, propiciando un entorno óptimo de

circulación y transporte de nutrientes para mantener el bienestar fetal (6).

Durante este período, el volumen de sangre aumenta en un 45% (1800 ml), incrementando el volumen de plasma (alrededor de 1500 ml) y policitemia (alrededor de 350 ml). Esta “hemodilución” es la responsable de mantener el flujo uteroplacentario adecuado (8). La principal consecuencia de este aumento de los glóbulos rojos y mantenimiento de los requisitos de hierro fetal-placentario es la necesidad de un gramo adicional de hierro (diario) durante el embarazo, estando más presente a partir de la segunda mitad de la gestación y a la cuál se necesita prestar precaución adicional al realizar una actividad física intensa (62).

Cuando la concentración de hemoglobina se encuentra por debajo de 11 gr / 100 ml se considera anemia y en un embarazo normal con déficit de reservas de hierro puede derivar en anemia por deficiencia de hierro (62). Otro cambio hematológico durante el embarazo es la disminución de folatos, los cuales son esenciales para el feto en desarrollo (17).

Finalmente, también se origina un estado de hipercoagulabilidad (elevada tasa de sedimentación globular por el aumento de fibrinógeno plasmático y otros factores de coagulación), necesario para la coagulación en el momento del parto (62). Además, en el 20% de embarazadas se establece una leucocitosis leve ya que los linfocitos disminuyen en número y en porcentaje absoluto, especialmente al comienzo del embarazo y manteniéndose hasta el final (62).

1.1.7. Cambios respiratorios

La interacción entre el sistema cardiovascular y las funciones respiratorias está enmarcada dentro de los requisitos fisiológicos y las modificaciones normales durante el embarazo, y dicha interacción a la hora de realizar ejercicio también existe (6).

El intercambio de gases (oxígeno y dióxido de carbono) en ambas direcciones entre la atmósfera y las células maternas y fetales es un desafío debido a los cambios en las implicaciones anatómicas y fisiológicas que ocurren durante los nueve meses de gestación (8).

La influencia hormonal y pequeñas alteraciones volumétricas desde el inicio del embarazo que

incluyen variaciones en la dimensión y capacidad pulmonar y los mecanismos respiratorios (8,63) provoca cambios en todo el sistema. Además, el tracto respiratorio superior puede verse afectado por cambios en la mucosa nasofaríngea, por ejemplo, con hiperemia, edema y secreción excesiva causando síntomas obstructivos para las funciones respiratorias normales (62).

A consecuencia de la expansión del útero, la posición media del diafragma cuando la mujer embarazada está de pie se eleva 4 cm (17). Este aumento progresivo del crecimiento del útero aumenta significativamente la presión intraabdominal llegando a provocar un desplazamiento horizontal de las costillas. No obstante, estas compensan ese cambio aumentando los diámetros anteroposterior y transversal de la caja torácica en aproximadamente 2 cm derivando en un aumento de la circunferencia de la caja torácica aproximadamente en 5-7 cm (17) y del ángulo subesternal en 70 ° en el primer trimestre y 105 ° en la etapa final de la gestación.

El aumento de la progesterona al principio del embarazo hace que la mujer respire más profundamente pero no con mayor frecuencia, y como consecuencia la ventilación alveolar aumenta por encima de los valores pregestacionales. De este modo, existe una relación inversa entre el volumen de corriente y el volumen de reserva espiratoria, sin afectar a la capacidad vital, la cual se mantiene mediante un ligero aumento de la capacidad inspiratoria (62). Otra característica importante a nivel respiratorio es el aumento del consumo de oxígeno en un 10-20% y una reducción de la presión parcial de dióxido de carbono (PCO₂). La combinación de la reducción en la capacidad funcional residual y el aumento del consumo de oxígeno da como resultado una reducción de las reservas de oxígeno.

El aumento del trabajo diafragmático (62) favorece el aumento en la absorción de oxígeno. Además, la ventilación/minuto también aumenta, resultando en una alcalosis respiratoria, consecuencia de la acción hormonal de la progesterona y estrógenos, aunque el estado ácido-base se mantiene mediante la acidosis metabólica compensadora, permitiendo un mantenimiento del pH arterial en 7,44. El objetivo principal de estos mecanismos respiratorios maternos es reducir la PCO₂ arterial, generando

una leve alcalosis para asegurar el correcto intercambio de gases placentario y prevenir la acidosis fetal (10,62).

1.1.8. Cambios psíquicos y emocionales

El embarazo supone a nivel psico-emocional multitud de cambios y labilidad emocional para la mujer gestante durante este período. Este hecho tan marcado en la vida de la mujer no se comporta estable durante todo el embarazo, sino que es diferente en cada uno de los tres trimestres de embarazo.

Durante este momento son aspectos internos tales como sus experiencias previas (64-67), la información sobre la gestación o el propio carácter personal (68) los que pueden determinar el estado emocional. Además, los aspectos externos como el entorno familiar y social o la situación económica (64,65,69,70) tienen una influencia llamativa en la adaptación de la mujer gestante a todos los cambios que la rodean.

Por este motivo, y de forma más notable hacia el final del embarazo, los altibajos emocionales vividos hacen de este hecho algo vulnerable para la gestante (71). Las complicaciones psicológicas junto con una sintomatología depresiva son comunes en el embarazo y aumentan el riesgo de depresiones posparto y resultados de salud deficientes tanto para madre como recién nacido o infante (72,73). No obstante, estos trastornos se infravaloran o no son tratados directamente (74,75) durante el embarazo.

1.1.9. Cambios metabólicos

Desde el punto de vista bioquímico, el embarazo es un reto de composición corporal en el que la madre va convirtiendo un conjunto de nutrientes para concebir la primera composición corporal de su descendencia (4).

El sistema metabólico se ve afectado por los cambios durante el embarazo ya que es partícipe en alcanzar el objetivo de asegurar las necesidades exactas de crecimiento y desarrollo fetal durante las 40 semanas de gestación (6,8,76). Esto incluye la formación de la placenta y el aumento de fluidos

corporales (líquido amniótico y el volumen extra de sangre para apoyar al feto), el incremento de las reservas de energía para apoyar el crecimiento y desarrollo fetal y la lactancia futura impactando significativamente en la masa o peso corporal materno, así como en su composición corporal (4).

Durante el embarazo se produce un aumento del contenido de proteínas en los tejidos corporales, los carbohidratos se acumulan en el hígado, los músculos y la placenta, los depósitos de grasa aumentan debajo de la piel, especialmente en el área del pecho y las nalgas además de incrementar la concentración de lípidos plasmáticos afectando los lípidos totales, el colesterol, los fosfolípidos y los ácidos grasos libres (10). El cuerpo de la gestante acumula sales minerales esenciales para el desarrollo fetal (calcio, fósforo, potasio y hierro) y retiene agua en los tejidos por efecto hormonal (8).

La considerada fase anabólica del embarazo que corresponde a la primera mitad de la gestación el peso depende de los cambios normales del cuerpo y acumulación de depósitos de grasa en respuesta al embarazo, los cuales serán utilizados durante el tercer trimestre (más en las últimas 4 semanas cuando el feto tiene un rápido aumento del porcentaje graso corporal). En dicha parte, la contribución del peso fetal al aumento de peso materno no es significativa, pero se tornará más importante a medida que las semanas de gestación avancen (10).

Después del ayuno nocturno, los niveles de glucosa son más bajos de gestantes son más bajos que en mujeres no gestantes, especialmente durante el segundo y tercer trimestre. La disminución de glucosa baja el nivel de insulina y exagera la cetosis por inanición, encontrando niveles más elevados de de ácido beta-hidroxibutírico y ácido acetoacético que en no gestantes (10).

Dicha situación en ayunas aumenta la probabilidad de hipoglucemia, hipoinsulinemia e hiperketonemia, como mecanismo adaptativo de facilitación de la glucosa de madre al feto. Tras este hecho, en el estado postprandial, la respuesta materna se caracteriza por un efecto rebote de hiperinsulinemia, hiperglucemia, hipertrigliceridemia junto con la disminución de la sensibilidad o resistencia a la insulina (10).

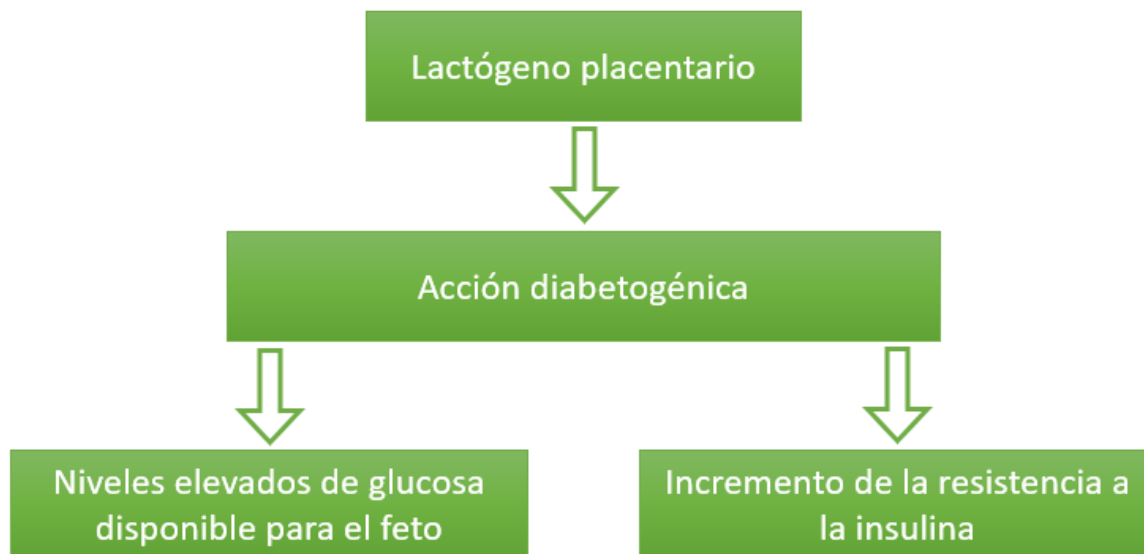


Figura 5. Metabolismo de los carbohidratos en la segunda mitad del embarazo (10).

El embarazo es, por ende, una experiencia diabetogénica, viéndose involucradas las hormonas placentarias (lactógeno placentario), especialmente en la segunda mitad del embarazo (Figura 5) (6,8,10).

1.2. La importancia en el control de la ganancia de peso materno

El aumento de peso es el cambio más evidente durante este período. De forma tradicional, se consideraba un adecuado un aumento de peso de 10-13 kg (con muchas variaciones individuales), aunque actualmente, esta concepción ha quedado obsoleta, basando las recomendaciones de ganancias de peso en el índice de masa corporal materno previo al embarazo (6,77). El índice de masa corporal (IMC) se calcula como el peso (kg) dividido por la altura al cuadrado (m²), y las categorías se clasifican en: bajo peso (IMC < 18,5 kg/m²), peso normal (IMC < 18,5 a 24,9 kg/m²), sobrepeso (IMC ≥ 25 a 29,9 kg/m²) y obesidad (IMC ≥ 30kg/m²) (4).

El IMC antes del embarazo es determinante para definir los objetivos individuales de aumento de peso (78) y prevenir enfermedades comunes en las generaciones futuras mediante la prevención de la obesidad materna y el aumento excesivo de peso durante el embarazo. Asimismo, el exceso de grasa y los adipocitos agrandados parecen ser la clave para el metabolismo alterado y las alteraciones

metabólicas relacionadas con la obesidad (79-81) más que solo un exceso de peso corporal.

La relación entre el IMC previo al embarazo y el aumento de peso materno debe ser inversa (6). No obstante, el IMC antes del embarazo suele ser un parámetro difícil de evaluar porque la mayoría de las mujeres solo acuden a atención materna después de quedar embarazadas y no antes (4).

El aumento de peso durante el embarazo, más a menudo llamado aumento o ganancia de peso gestacional (GPG) debería ocurrir dentro de límites saludables en función del IMC pregestacional con un enfoque individualizado (Tabla 3) para optimizar los resultados de salud materna e infantil (78) por el Instituto de Medicina (IOM). Desde el punto de vista clínico, el aumento excesivo de peso materno es un problema común en varios países y se ha convertido en uno de los grandes desafíos para los profesionales de la salud encargados de la atención sanitaria durante el embarazo (82).

Según investigaciones predictivas recientes, el 21 % de las mujeres tendrá un IMC $\geq 30,0$ kg/m² en 2025 (83,84). Además, la Organización Mundial de la Salud (OMS) informó que el 50% de las mujeres de edad fértil, y del 20% al 25% de las mujeres embarazadas en Europa se ven afectadas por el sobrepeso o la obesidad (85) suponiendo un grave problema de salud pública ya que la obesidad durante el embarazo ha sido asociada con un mayor riesgo de excesivas ganancias de peso materno (86). Este hecho no solo se manifiesta en esta dirección, sino que la obesidad materna también puede venir derivada a la inversa, a partir del aumento excesivo de peso con el incremento de posibilidades de resultados adversos del embarazo (87,88).

Las alteraciones en el sistema metabólico frecuentemente derivan en un aumento de peso materno complicado por un estilo de vida sedentario evidenciando un grave problema de salud pública con cifras aproximadas del 50% de gestantes que superan las recomendaciones adecuadas (89,90) suponiendo elevados costos sociales para el servicio sanitario (91). De esta forma la epidemia mundial de obesidad se manifiesta como problema latente para los sanitarios de atención médica porque se recomienda a las personas que comienzan el embarazo con un índice de masa corporal más

alto que limiten el aumento de peso gestacional (92) pero difícilmente llegan a esos objetivos.

Tabla 3. Recomendaciones de ganancia de peso total y parcial durante el embarazo según el índice de masa corporal materno pregestacional (78).

IMC pregestacional	GPG total	GPG (1T)	Tasa promedio del GPG (2T y 3T)	Tasa de rango de GPG (2T y 3T)
Bajo Peso < 18,5 kg/m²	12,5 – 18 kg	0,5 – 2,0 kg	0,51 kg/sem	0,44 – 0,58 kg/sem
Normopeso 18,5 – 24,9 kg/m²	11,5 – 16 kg	0,5 – 2,0 kg	0,42 kg/sem	0,35 – 0,50 kg/sem
Sobrepeso 25,0 – 29,9 kg/m²	7 – 11,5 kg	0,5 – 2,0 kg	0,28 kg/sem	0,23 – 0,33 kg/sem
Obesidad ≥ 30 kg/m²	5 – 9 kg	0,5 – 2,0 kg	0,22 kg/sem	0,17 – 0,27 kg/sem

T: trimestre.

La importancia de tener un aumento de peso controlado durante el embarazo ha ganado mayor relevancia al suponer este mayor riesgo de resultados adversos relacionados con el embarazo (4) (Tabla 3). Esta tasa de GPG recomendada tiende a ser bastante lenta en el primer trimestre y aumenta de manera casi lineal a lo largo del segundo y tercer trimestre (4).

Muchos parámetros inciden en las ganancias de peso materno (Tabla 4), incluido el líquido intersticial y el aumento de tejido graso. Existe gran variabilidad en la contribución de las reservas de grasa en el peso materno al final del embarazo. Cuando el aumento de peso total es de 11 kg, el depósito de grasa promedio al final del embarazo es de 1800 g, pero puede ser mayor, nulo e incluso negativo, y esto significa que el cuerpo de la embarazada consume la grasa de reserva que había acumulado previamente (10,93).

Tabla 4. Análisis de la ganancia de peso materno durante el embarazo (4,6).

	Ganancia de peso en gramos			
	<i>Semana 10</i>	<i>Semana 20</i>	<i>Semana 30</i>	<i>Semana 40</i>
Feto	5	300	1.500	3.400
Placenta	20	170	430	650
Líquido amniótico	30	350	750	800
Útero	140	320	600	970
Mamas	45	180	360	405
Sangre	100	600	1.300	1.250
Líquido intersticial	0	30	80	1.680
Depósitos de grasa	310	2.050	3.480	3.345
Ganancia de peso total	650	4.000	8.500	12.500

No obstante, el patrón de GPG (94); es decir, la evolución de esa ganancia de peso es determinante en la salud materno-fetal. En este sentido, Widen et al. (94) expusieron que dos embarazadas pueden exhibir exactamente la misma cantidad de GPG total, pero una puede haber tenido un GPG bajo al principio y aumento pronunciado más tarde durante el embarazo mientras que la otra pudo haber tenido un GPG estable dentro de las pautas de la IOM. Con este ejemplo, la primera mujer tiene ganancias asociadas más elevadas de masa grasa entre 3 y 5 kg, con recién nacidos más grandes al nacer, aproximadamente 1 cm más de longitud y 350 g de peso (94). Por lo tanto, una ganancia correcta, pautada, controlada y continua durante todo el embarazo es necesaria para la salud materno-fetal.

Pese al consenso internacional, esta excesiva ganancia de peso gestacional sigue incrementando a nivel mundial, siendo las mujeres con sobrepeso y obesidad previa las que se encuentran en desventaja (95) y viendo la alarma del problema en que el 50% de mujeres en edad fértil se encuentran en esos rangos de IMC (96). El IMC en rangos no saludables al principio del embarazo junto con un aumento de peso excesivo condujo a un mayor riesgo de descendencia con sobrepeso a los 3 años de edad (97). Estos hallazgos sugieren que la obesidad pregestacional unida a un aumento de peso excesivo durante el embarazo contribuye a la obesidad de la descendencia.

El cuerpo de literatura existente se centra en tres potenciales complicaciones del excesivo GPG: diabetes gestacional, macrosomía fetal y cesáreas (88,98). En la etapa perinatal las excesivas

ganancias de peso gestacional (EGPG) puede suponer un riesgo aumentado de hipertensión gestacional, preeclampsia diabetes gestacional, y obesidad; esta última tanto en la madre como en el niño. Asimismo, los niveles de lípidos maternos elevados durante el embarazo pueden afectar la salud de la madre y el niño (99) relacionándose esta dislipemia con las complicaciones previamente mencionadas (98). Por ello, la EGPG incrementa el riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus tipo 2, obesidad o cáncer de mama en la madre en el resto de su vida.

Las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de muerte en todo el mundo. Aunque estas enfermedades manifiestan en la edad adulta, existe una gran cantidad de evidencia que sugiere que estas enfermedades se originan en los primeros años de vida (100-102) así como se cree que las adaptaciones del feto en desarrollo a su entorno pueden aumentar la susceptibilidad a enfermedades en etapas posteriores de la vida (103-106).

Por otro lado, atendiendo a la evolución durante el período fetal, el aumento excesivo de peso durante el embarazo puede resultar en una mayor adiposidad y, por lo tanto, los bebés tienen más probabilidades de nacer grande para la edad gestacional (GEG) (107). En este sentido, la literatura científica previa expone estas relaciones. En primer lugar, un estudio con más de 100.000 mujeres y niños pares mostraron que el riesgo de obesidad infantil (edades 2-5 años) fue 1,72 veces mayor entre los niños de mujeres que habían ganado más de lo que correspondía durante el embarazo (108). Esto puede deberse a que una mayor adiposidad fetal, como resultado de la EGPG, se ha relacionado con mayores adipocitos y aumento de grasa capacidad de almacenamiento en la descendencia (109).

En segundo lugar, otro estudio encontró que el 35% de los bebés GEG nacidos de madres que tenían un IMC antes del embarazo de obeso, también tenía obesidad a los 11 años siendo este un potencial factor de riesgo de otras comorbilidades futuras (110).

Los recién nacidos GEG pueden experimentar obesidad infantil y adulta (107), lo que podría perpetuar un ciclo de obesidad que en realidad tuvo su origen en el útero (111).

Además, los estudios han demostrado que la EGPG y la obesidad materna se asocian con una

disminución de la metilación de la leptina en la sangre del cordón umbilical (112,113), lo que sugiere que puede haber programación en el útero de la desregulación del apetito, y cuando se combina con un aumento en la capacidad de almacenamiento de grasa, puede predisponer a los bebés a la obesidad en el futuro (109,112).

Las madres obesas embarazadas también tienen más probabilidades de tener muertes fetales (114), mortinatos (115-116), partos prematuros (117), neonatos grandes para la edad (118) y también obesidad durante la infancia (119) o diabetes tipo I (120-121) y defectos cardíacos congénitos (122) en su descendencia. Además, los recién nacidos de mujeres obesas también tienen mayores riesgos de trastornos del espectro autista, retrasos en el desarrollo, déficit de atención y dificultad para regular las emociones (123-125).

Específicamente, la exposición fetal al aumento de peso gestacional materno excesivo influye en enfermedades relacionadas con la adiposidad a largo plazo (123-128). En un estudio en España, se encontró una correlación positiva entre las lipoproteínas de baja densidad (LDL) maternas con los niveles de LDL infantil y con mayor circunferencia abdominal neonatal (129), así como una relación negativa entre los niveles de LDL y el peso al nacer (130) situación agravada por el aumento del comportamiento sedentario. Asimismo, esta exposición en el útero a la obesidad materna supone un mayor riesgo de desarrollar trastornos metabólicos (131-132) tales como una afección en la sensibilidad a la insulina (132,133) y a los niveles de presión arterial de los hijos. Además, afecta negativamente desarrollo neurocognitivo en niños (134-140), incluido un coeficiente intelectual (CI) más bajo puntajes, peores puntajes de rendimiento académico, reducción del volumen de materia gris del hipocampo y anisotropía fraccional reducida; el último de los cuales es una métrica de uso común para evaluación de la microestructura de la sustancia blanca en el cerebro (134,136,139-141). Una revisión sistemática reciente sugiere que el IMC materno está asociado con algunos cambios epigenéticos en la placenta y la descendencia (121). Los factores ambientales, como el estilo de vida materno, incluida la dieta y el nivel de actividad física o el tiempo sedentario, también pueden estar

asociados con modificaciones epigenéticas que pueden alterar la expresión génica. Por ello, el aumento de peso materno y el entorno intrauterino metabólico son importantes resultados epigenéticos del embarazo modificables en relación con la salud futura de la madre y su hijo (92). La evidencia científica muestra que el hecho de no lograr un aumento de peso materno adecuado puede influir en otros parámetros maternos, fetales y del recién nacido (98) mostrando el potencial carácter epigenético del desarrollo en el entorno intrauterino.

1.3. Epigenética. ¿Qué es?

La epigenética se define como “el estudio de los cambios hereditarios mitóticos y/o meióticos en la función de los genes que no pueden explicarse mediante cambios en la secuencia del ácido desoxirribonucleico (ADN)” (142). Esto se entiende como los cambios que pueden alterar la expresión génica sin cambiar la secuencia de ADN e incluyen la metilación del ADN, la modificación de histonas y cambios en el micro ácido ribonucleico (miARN) (143). Por ello, la variación epigenética es un vínculo plausible entre el estilo de vida materno y la posterior susceptibilidad a enfermedades en la descendencia (144). Estas alteraciones pueden ocurrir después de perturbaciones intrauterinas causadas por la obesidad y el exceso de GPG (145,146) pudiendo afectar a los resultados de salud futuros en la descendencia (147).

Asimismo, esta programación temprana empieza en la gestación, no obstante, desde la preconcepción hasta la primera infancia es el momento en que la impronta epigenética del ADN ocurre de manera más activa, lo que puede exacerbar en alteraciones en la expresión génica con efectos duraderos (148).

Los mecanismos epigenéticos influyen en el fenotipo de la descendencia pudiendo afectar a las siguientes generaciones, lo que teóricamente, si se realiza de forma saludable, lleva a una mayor ventaja evolutiva de la especie a lo largo del tiempo (149,150). Por diseño, este mecanismo debe ser 'positivo y adaptativo', como ocurrió durante el período de "cazadores y recolectores" cuando un cambio de aumento de peso corporal se acopló a la probabilidad de supervivencia para la especie

humana. Sin embargo, con el exceso de abundancia de alimentos de hoy en día, estos mecanismos pueden no siempre producir un resultado beneficioso y, en consecuencia, podrían ser una desventaja en el contexto de la epidemia de obesidad y diabetes mellitus tipo II (150).

El desarrollo fetal dentro de un entorno adverso en el útero podría provocar respuestas desadaptativas en la descendencia, lo que lleva a alteraciones fisiológicas y metabólicas a lo largo de la vida humana (151). La programación fetal de la función metabólica inducida por la obesidad puede perpetuar la obesidad en la próxima generación (152) y si se conserva esta programación epigenética desfavorable a través de varias generaciones, el círculo vicioso puede desencadenar que las futuras generaciones se vuelvan obesas y diabéticas (153). Ante este novedoso concepto, se ha sugerido que los factores de la vida temprana pueden influir en el desarrollo de la adiposidad de manera diferente en niños y niñas (154-157).

1.4. Teoría DOHaD

La teoría sobre los Orígenes Evolutivos de la Salud y la Enfermedad (DOHaD) se basa en el vínculo entre exposiciones maternas durante el embarazo, resultados del nacimiento y el riesgo de enfermedades crónicas en la vida posterior (158,159). De aquí surge la hipótesis de la respuesta adaptativa (106), “fenotipo ahorrativo” o “Hipótesis de Barker”, que teoriza con la idea de que la programación temprana del feto en desarrollo se adapta a cambios metabólicos en el útero.

Esta propone que el ambiente intrauterino del embrión y el feto en desarrollo tienen un gran impacto en la fisiología de la vida posterior, incluyendo el aumento del riesgo potencial de enfermedades crónicas (103). La plasticidad del desarrollo sugiere que un genotipo da lugar a una serie de cambios fisiológicos o estados morfológicos en respuesta a diferentes condiciones ambientales detectadas (103,106). Esta plasticidad puede ser reflejada como programación fetal, mediante un cambio permanente a largo plazo en la estructura o función de un órgano específico resultante de un estímulo en períodos críticos de desarrollo y vida temprana (160). Si las adaptaciones en el útero producen cambios incorrectos, se produciría un desajuste entre la programación prenatal y la vida postnatal y,

por lo tanto, inducirá un mayor riesgo de enfermedad en edad adulta (161) (Figura 6). Por ello, la identificación de biomarcadores epigenéticos circulantes que vinculan un estilo de vida saludable priorizando la actividad física materna con las complicaciones del embarazo y el crecimiento fetal puede ser útil para identificar a las mujeres con alto riesgo de complicaciones del embarazo y alteraciones en la descendencia (162).

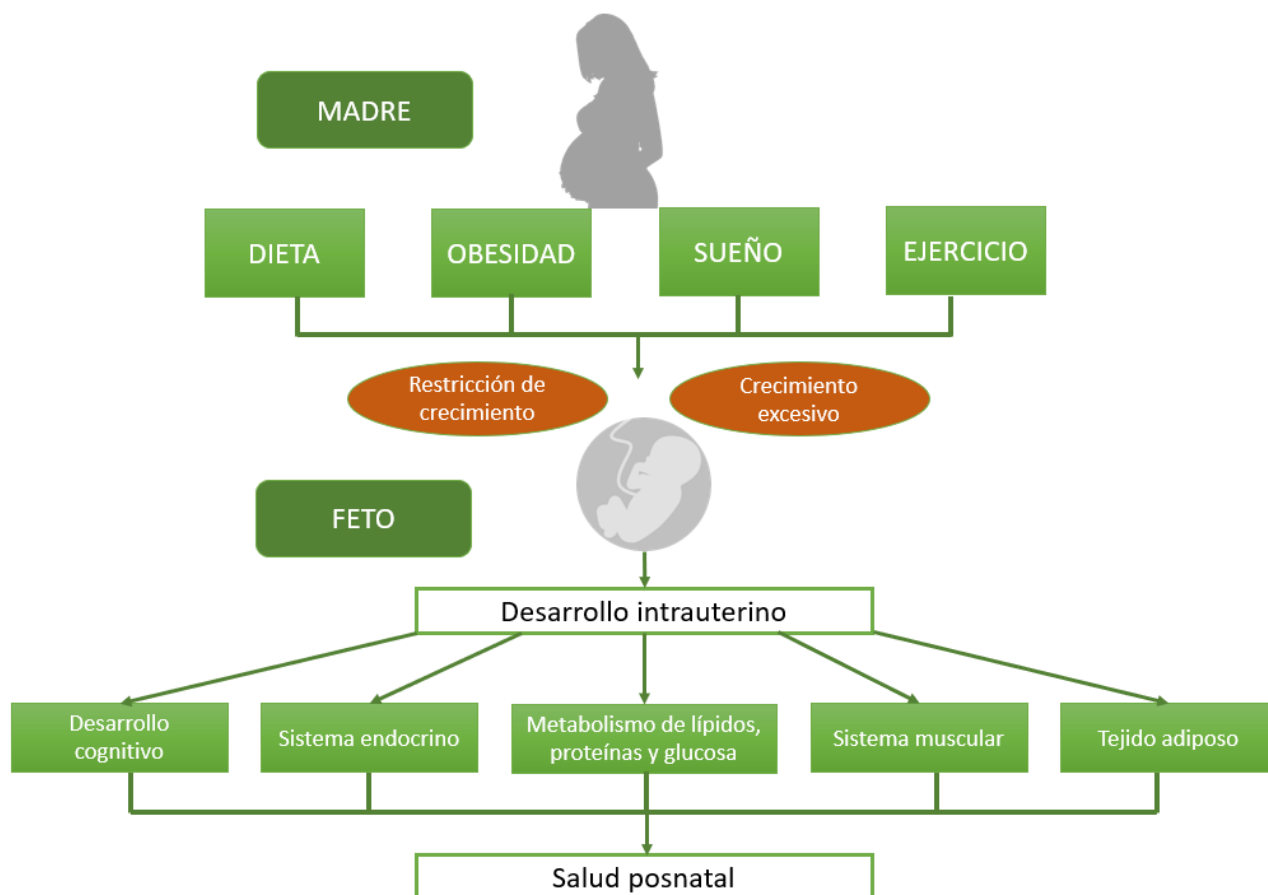


Figura 6. Influencia de diferentes factores de desarrollo en la descendencia (adaptado de Vickers (161)).

El estilo de vida materno antes y durante el embarazo es un contribuyente importante a la programación de la vida temprana de la descendencia (105). En este sentido, algunos estudios sugieren que la programación relacionada con la epigenética asociada con el ejercicio físico materno contribuye, al menos en parte, a mitigar las alteraciones asociadas con varias condiciones fisiopatológicas en distintos niveles de organización celular en la descendencia (162) destacando entre ellas el problema latente de la epidemia mundial de obesidad infantil (163).

1.5. Obesidad infantil

La prevalencia de la obesidad infantil; enfermedad compleja y multifactorial, está aumentando a un ritmo vertiginoso en todo el mundo en las últimas décadas (163). De hecho, en el área europea se ha mostrado un gradiente norte-sur en la prevalencia del sobrepeso (del 9 al 43% entre los niños y del 5 al 43% entre las niñas) y la obesidad (del 2 al 21% entre los niños y del 1 al 19% entre las niñas), con tasas más altas en los llamados países mediterráneos (164). Las Estimaciones de las National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) de 2015 a 2016 indican que 1 de cada 3 niños tiene sobrepeso o la obesidad (165). En este sentido, la heredabilidad del síndrome metabólico de la ascendencia europea oscila entre el 10% y el 30% (166,167) pudiendo ser impulsada por los genes de la obesidad materna (168).

Específicamente, la prevalencia de exceso de peso (sobrepeso y obesidad) llega al 30,1% entre preescolares en España (2-4 años) (169). Además, un estudio reciente a nivel nacional reciente expuso tasas del 18% de los niños y adolescentes españoles son obesos (170). A esto se suma que actualmente, la incidencia esperada de obesidad infantil podría estar escalando negativamente debido a la pandemia de coronavirus (COVID-19) (171,172). Finalmente, los costes económicos del creciente problema del sobrepeso y la obesidad infantil son considerables, tanto en términos de la enorme inversión financiera tensiones que impone a los sistemas de atención de la salud y en términos de pérdida productividad económica (170).

Para identificar la obesidad en niños y adolescentes, los métodos más utilizados son los basados en medidas antropométricas (173). El IMC es el índice antropométrico más utilizado. Los puntos de corte del IMC de la Federación Mundial de Obesidad se utilizan ampliamente para evaluar la prevalencia de sobrepeso y obesidad en niños (174) sin embargo, podría haber disparidades en los resultados (175) al haber diferencias en la metodología empleada y puede subestimar la prevalencia de obesidad y sobrepeso en etapas tempranas.

Por otro lado, los patrones de crecimiento infantil de la OMS proporcionan medidas de crecimiento

estandarizadas por edad y sexo utilizando puntuaciones Z. Las puntuaciones Z, o puntuaciones de desviación estándar, describen donde una observación cae dentro de un número de estándar desviaciones de la media (176). Para cada uno de los indicadores de crecimiento, los valores son específicos del sexo, contruidos tanto en Puntuaciones z y percentiles y presentados en varios rangos de edad. Las puntuaciones Z son útiles para relacionar la morbilidad con el grado de obesidad y para el seguimiento de los efectos del tratamiento a corto y largo plazo (177).

La OMS recomienda que los investigadores utilicen las puntuaciones Z para mantener la coherencia y la comparabilidad. En consecuencia, el Z-score del IMC para la edad se considera el más enfoque adecuado para definir la obesidad infantil (178). La identificación de la prevalencia y edad de inicio del exceso de aumento de peso en las poblaciones infantiles y los determinantes del riesgo se lograrán mejor mediante estudios basados en la población utilizando los patrones de crecimiento de la OMS.

1.6. Patrones de la OMS

Desde el 2006, con el trabajo “Multi-Country Growth Reference Study (MGRS)” la Organización Mundial de la Salud brinda estándares para el crecimiento fisiológico durante la infancia; con gráficos separados en función del sexo, desde el nacimiento a los 5 años, indicando como deben de crecer los niños cuando se desarrollan en las condiciones óptimas (179). De esta manera, los niños sanos de todo el mundo que se crían en entornos saludables y siguen las prácticas de alimentación recomendadas tienen patrones de crecimiento similares (180).

Las áreas fueron seleccionadas porque tenían las recomendaciones de salud, nutrición y condición socioeconómica requerida para construir estándares internacionales (181).

Estas guías son universales clínicamente, en el sentido de que representan el mejor estándar común para aplicar a todos los niños del mundo en un entorno de salud pública, pero son provisionales, biológicamente, en el sentido de que son expresiones de procesos cambiantes (tanto culturales y ambientales como endocrinológicas, nutricionales, genéticos y epigenéticos) que regulan el crecimiento (182).

Para el año 2011, después de 5 años desde su lanzamiento, 125 países; que representan el 75% de la población mundial (Figura 7) los habían adoptado en sus políticas sanitarias al verse como una herramienta confiable para evaluar el crecimiento consistente con la Estrategia Global para la Alimentación del Lactante y del Niño Pequeño que permite de igual forma el seguimiento del retraso de crecimiento y sobrepeso así como es un elemento promotor de un crecimiento sano y protector del derecho de los niños a alcanzar su pleno potencial genético (183). Por ello, las mediciones del crecimiento de recién nacidos e infantes es una parte fundamental de la vigilancia de la salud infantil (184).

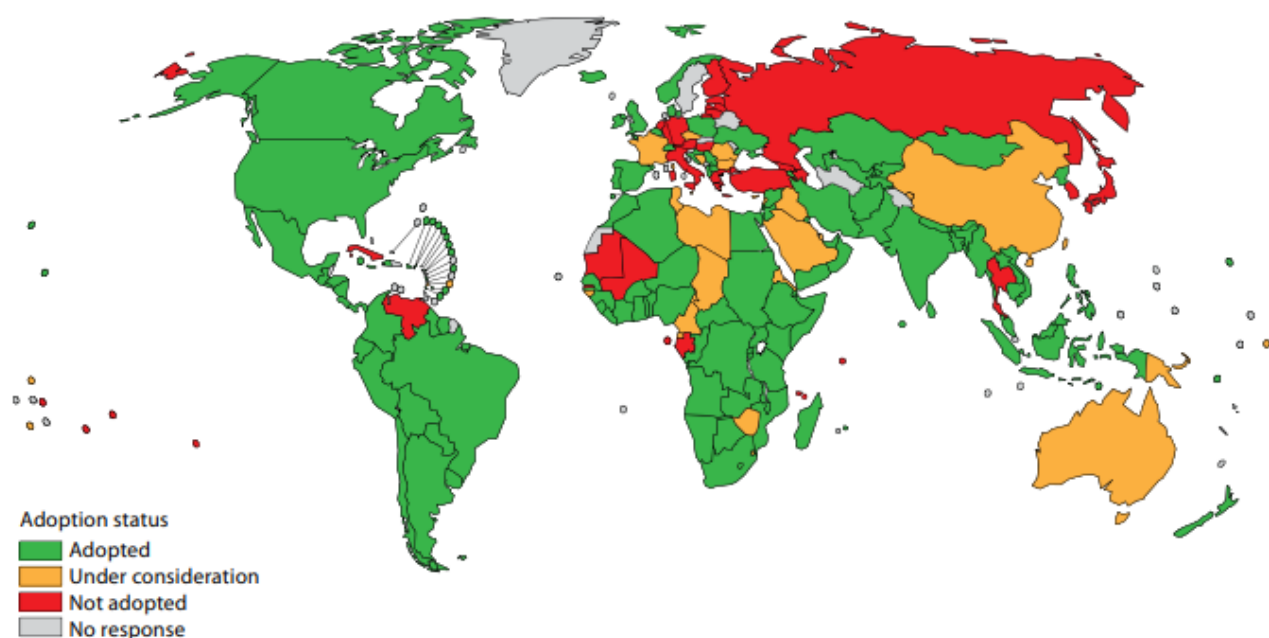


Figura 7. Implementación de los Estándares de crecimiento infantil de la Organización Mundial de la Salud (184).

En 2020, a nivel mundial, 149,2 millones de niños menores de 5 años tenían retraso del crecimiento, 45,4 millones emaciación y 38,9 millones sobrepeso (184). El número de niños con retraso del crecimiento está disminuyendo en todas las regiones excepto en África. Por el contrario, para el sobrepeso, aproximadamente la mitad de todos los países no han experimentado ningún progreso o están empeorando (185). Si estas tendencias crecientes continúan, se estima que la prevalencia de sobrepeso en niños menores de 5 años aumentará al 11% en todo el mundo para 2025, frente al 7%

en 2012 (186).

Mediante el seguimiento y evaluación de patrones antropométricos, se evalúa y monitorea el estado de salud identificando desviaciones de la normalidad y valorando la efectividad de las intervenciones (187), por lo que los estándares detectan en este estrato poblacional los crecimientos inadecuados que pueden requerir respuestas médicas o de salud pública específicas (179).

Los patrones de crecimiento infantil de la OMS se dividen en:

- **Indicadores de crecimiento alcanzados (0–60 meses):** peso para la edad, talla/talla para la edad, peso para la talla/talla, IMC para la edad, perímetro cefálico para la edad, circunferencia para la edad, pliegue cutáneo del tríceps para la edad y pliegue cutáneo subescapular para la edad.
- **Indicadores de velocidad de crecimiento (0-24 meses):** velocidad de peso condicionada a la edad (1, e intervalos de 2, 3, 4 y 6 meses), velocidad de talla condicionada a la edad (2, 3, 4 e intervalos de 6 meses), y la velocidad de la circunferencia de la cabeza condicionada a la edad (2, 3, intervalos de 4 y 6 meses).
- **Ventanas de logro para 6 hitos del desarrollo motor (0-60 meses):** sentarse sin apoyo, gatear con las manos y las rodillas, ponerse de pie con ayuda, caminar con ayuda, pararse solo y caminar solo. Estos fueron seleccionados porque se consideran universales, fundamentales para la adquisición de la locomoción autosuficiente y simples de probar y evaluar (188).

Los indicadores antropométricos que mejor resumen el crecimiento infantil son la talla y el peso además de valorar el IMC. Por otro lado, de forma complementaria durante los dos primeros años de vida tiene utilidad clínica el perímetro craneal (177). Con estos datos se pueden realizar dos tipos de informaciones:

- Gráficas de distancia que incluyen datos de de talla, peso, IMC y perímetro craneal según la edad.

- Gráficas de velocidad de crecimiento, especialmente de la talla en base a la edad.

En este sentido, Fogel (189) presupone 8 indicadores del estado de bienestar, en los cuales se encuentran los indicadores biométricos de la talla y el IMC, exponiendo que estos son los más informativos sobre el progreso humano.

1.6.1. Fortalezas y limitaciones de los estándares

El propósito de las políticas de la OMS es aumentar la atención, la inversión y la acción para un conjunto de intervenciones rentables que pueden ayudar a los Estados miembros y sus socios a prevenir aumentos continuos del sobrepeso en los niños y garantizar que se cumpla el objetivo (190). Independientemente del uso de los gráficos, la fortaleza sobresaliente de los estándares de la OMS es que son representativa a nivel mundial siendo estas normas una herramienta uniforme neutral para comparaciones de crecimiento (191).

Por último, estos estándares de la OMS son una garantía de salud y potencial de crecimiento pleno en la infancia cuando las necesidades nutricionales y de entorno se cumplan, por lo que sirven de prueba para los países en relación con el cumplimiento de las normas de Convención sobre los Derechos del Niño de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (192).

La meta mundial sobre el sobrepeso infantil implica que la prevalencia global del 7% en 2012 no aumente al 11 % en 2025, así como el número de niños con sobrepeso menores de 5 años de edad no debería aumentar de 44 millones en 2012 a 70 millones en 2025 como predicen las tendencias actuales (186). En este sentido, cada vez hay más pruebas que indican la importancia del entorno de la vida temprana para mitigar el riesgo de obesidad a lo largo de la vida. Los períodos de vida intrauterina, infancia y etapa preescolar han sido considerados como períodos críticos durante que la regulación a largo plazo del balance energético puede ser programado (190).

Los Estándares de la OMS mejoran la detección temprana del aumento excesivo de peso entre los bebés y niños pequeños (193), evidenciando que la obesidad puede desencadenarse desde la primera infancia.

Por lo tanto, adoptar un abordaje integral desde una perspectiva de curso de vida (Figura 8) (195) puede ser de utilidad para identificar desafíos y oportunidades para tomar acción y encarar el creciente problema de salud pública de sobrepeso y obesidad en niños, con énfasis en prevención en niños menores de 5 años (196) ya que un crecimiento adecuado previene patologías relevantes asociadas, tanto desde el punto de vista endocrinológico como sistémico (197).

Entre los factores de riesgo modificables de la obesidad infantil en los primeros 1.000 días de vida, una gran cantidad de evidencia ha demostrado que la lactancia materna es un factor protector. El índice de masa corporal en la niñez cambia sustancialmente con la edad (198,199). Al nacer, la mediana es tan baja como 13 kg/m², aumenta a 17 kg/m² a la edad de 1 año, disminuye a 15,5 kg/m² a los 6 años, luego aumenta a 21 kg/m² a los 20 años (200).

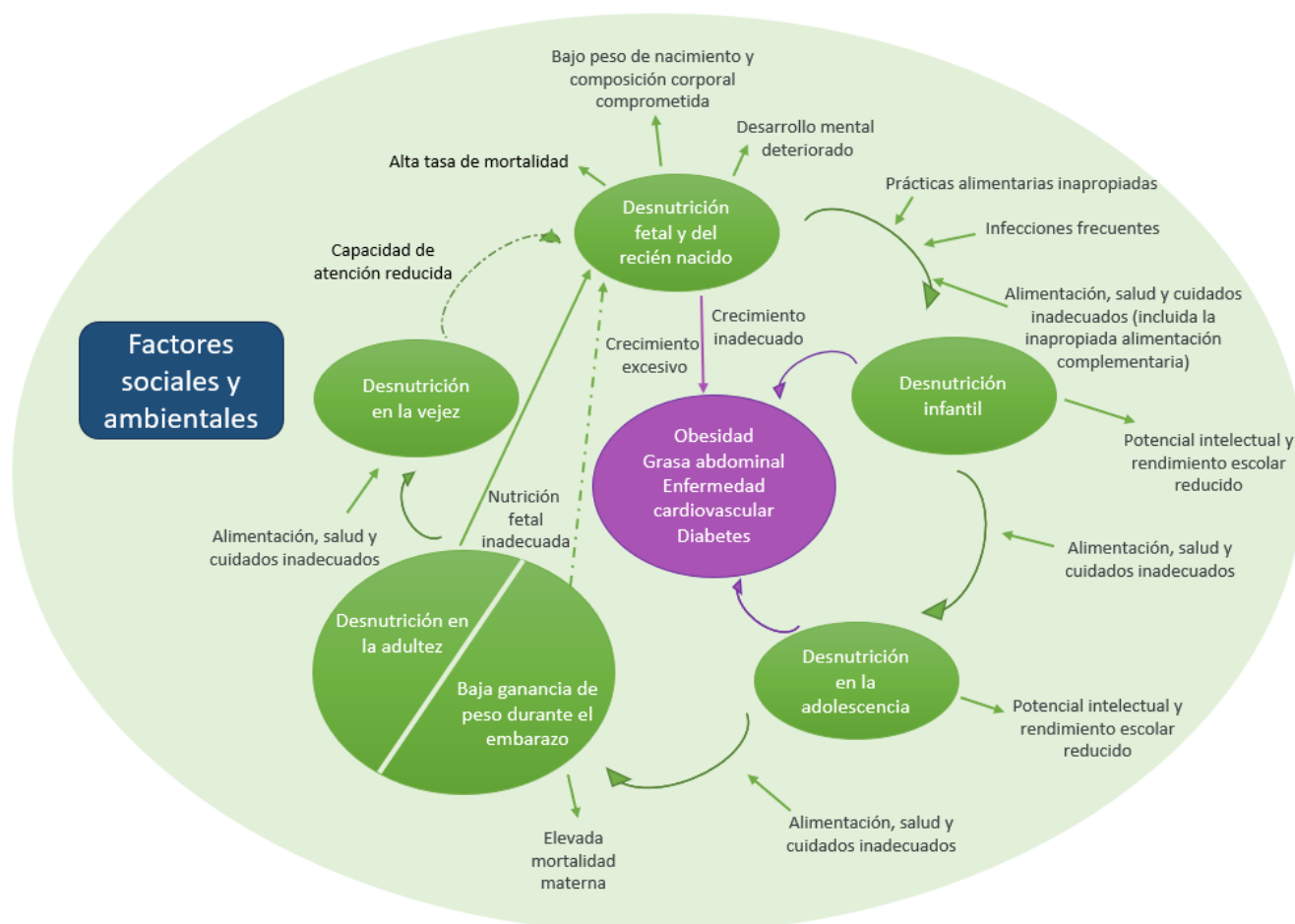


Figura 8. El curso de la vida y los enlaces casuales propuestos de la programación epigenética. (adaptado de Darnton-Hill (195)).

1.7. La importancia de los primeros años de vida

Específicamente, los 2 primeros años de vida cobran vital importancia al ser una ventana de oportunidad para promover un desarrollo óptimo, y, específicamente un crecimiento inadecuado durante los primeros 6 meses de vida es un problema considerablemente más grave que lo detectado previamente (201,202). Además, partir de los estándares previamente mencionados también mejoran la detección temprana del aumento excesivo de peso en recién nacidos e infantes (193) lo que demuestra que la obesidad a menudo comienza en la primera infancia.

El hito clave de los 2 años fue identificada como realista y biológicamente punto de tiempo relevante (187). Los 2 años son un punto clave en el tiempo para la evaluación del desarrollo ya que existen marcadores a esta edad que predicen a largo plazo la inteligencia, el rendimiento escolar, la nutrición y el capital humano en entornos de ingresos altos, medios y bajos (187,203-206).

Además de confirmar la importancia de los primeros 2 años de vida como una ventana de oportunidad para promover el crecimiento, los estándares de la OMS demuestran que el retraso intrauterino en el crecimiento lineal es frecuente (187), mostrando la necesidad de un inicio temprano de las intervenciones, durante el embarazo o incluso antes (192). El crecimiento indebidamente lento o rápido puede indicar condiciones médicas graves, incluidos trastornos genéticos, enfermedades crónicas, enfermedades infecciosas, abuso o negligencia y una variedad de otros problemas (207).

Por este motivo, el embarazo puede ser un momento ideal para prevención porque la obesidad y las enfermedades metabólicas se preparan durante desarrollo fetal (208). Por ejemplo, en el Healthy Start cohort, encontramos que tanto la dieta materna (209) y el gasto de energía durante el tercer trimestre tenía efectos sobre la masa grasa neonatal, pero no influye en la masa libre de grasa neonatal o el peso de nacimiento (210). Además, se ha mostrado que existe una asociación en la adiposidad neonatal con un mayor IMC y mayor probabilidad de sobrepeso u obesidad desde los 2 años hasta 6 años (211) por lo que estas intervenciones tempranas se hacen vitales.

1.8. La actividad física y ejercicio físico durante el embarazo: prevalencia y patrones

La sociedad actual muestra niveles preocupantes y crecientes de sedentarismo, los cuales se asocian a un número alarmante de complicaciones y patologías, y el período gestacional no queda excluido de este problema (212). Una consecuencia relevante es la saturación del sistema de salud con complicaciones y patologías que podrían ser abordadas con hábitos de vida saludables, una buena alimentación y la práctica regular de actividad física (AF) (213).

Los efectos de un embarazo físicamente activo en la salud son ampliamente reconocidos, no obstante, faltan los medios para implementar y mantener mejor la AF en la vida cotidiana. Este periodo puede considerarse como una ventana de oportunidad para implementar buenos hábitos de actividad física, con varias formas de actividad física seguras y apropiadas (9,214,215). Cabe agregar que esta etapa puede ser de gran influencia en el establecimiento de ciertos hábitos saludables que la mujer mantendrá (en algunos casos a lo largo de su vida) (216); ya que las mujeres embarazadas están en contacto regular con profesionales de la salud y es probable que estén motivados para adoptar comportamientos saludables, como lo ilustra la reducción del consumo de alcohol y el abandono del hábito de fumar (217,218). Sin embargo, el embarazo puede verse como una oportunidad para estar libre de las demandas de aptitud física y los ideales corporales y puede experimentarse como un momento problemático debido a la fatiga y la incomodidad (219,220) evidenciándose como un período con cierta disminución, en algunos casos, la ausencia total, de una práctica regular de actividad física.

En este sentido, la prevalencia de mujeres embarazadas activas sigue siendo alarmantemente baja (216). Solo el 23 % de las mujeres embarazadas informan cumplir con las pautas de actividad física recomendadas (221) y el porcentaje es aún más bajo para las mujeres embarazadas y con sobrepeso u obesidad (222). En el continente europeo, se refleja una disminución del nivel de AF durante el embarazo tanto para los países del norte como del sur de Europa (216). Concretamente, se registra en el sur de Europa que dos tercios de la población embarazada no alcanzan el gasto energético óptimo durante el embarazo (223). Además, es importante tener en cuenta el comportamiento

sedentario definido como “cualquier comportamiento de vigilia caracterizado por un gasto de energía $\leq 1,5$ equivalentes metabólicos mientras se está sentado, reclinado o acostado” (224), ya que las mujeres embarazadas pasan más del 50% de su tiempo en comportamientos sedentarios impactando en resultados negativos tanto para madre como para el niño.

Lamentablemente, a esta situación se suma el impacto del COVID-19 suponiendo una crisis global sin precedentes. Durante este período, las mujeres redujeron la actividad física total durante el tercer trimestre de embarazo (225) estando esta actividad física por debajo de los niveles recomendados (226).

Las complicaciones asociadas con el confinamiento (ausencia de apoyo grupal, movilidad reducida, distancia entre personas, etc.) afectaron significativamente el estilo de vida de la mujer embarazada y potencialmente eliminan una de las recomendaciones básicas establecidas por la comunidad científica internacional: el estilo de vida físicamente activo (76,227). Esto tiene especial importancia, debido a la peligrosa asociación entre las complicaciones de naturaleza psíquica o emocional durante el embarazo con alteraciones pre, peri y postnatales de todo tipo (bajos pesos de nacimientos, complicaciones perinatales, partos alterados y prolongados, etc.), que afecta no sólo a la madre y pueden determinar la salud del futuro ser humano (228).

En la mayoría de las regiones del mundo, los entornos tradicionales de actividad física, como los gimnasios y las clases de fitness, fueron inaccesibles o tuvieron una capacidad limitada como resultado de la situación provocada por el COVID-19 (229). Debido a la pandemia, los entrenamientos online son cada vez más populares (230) y puede ser una forma accesible y segura de alentar a las mujeres a mantenerse activas durante el embarazo y el posparto, y esto puede proteger y mejorar la salud mental materna (230-233).

Específicamente, las mujeres embarazadas que experimentaron el confinamiento y un cambio a clases de acondicionamiento físico grupales prenatales online informaron que les permitieron llevar un estilo de vida activo durante este tiempo y paliar contra los efectos directos e indirectos del

COVID-19 (figura 9) (234).

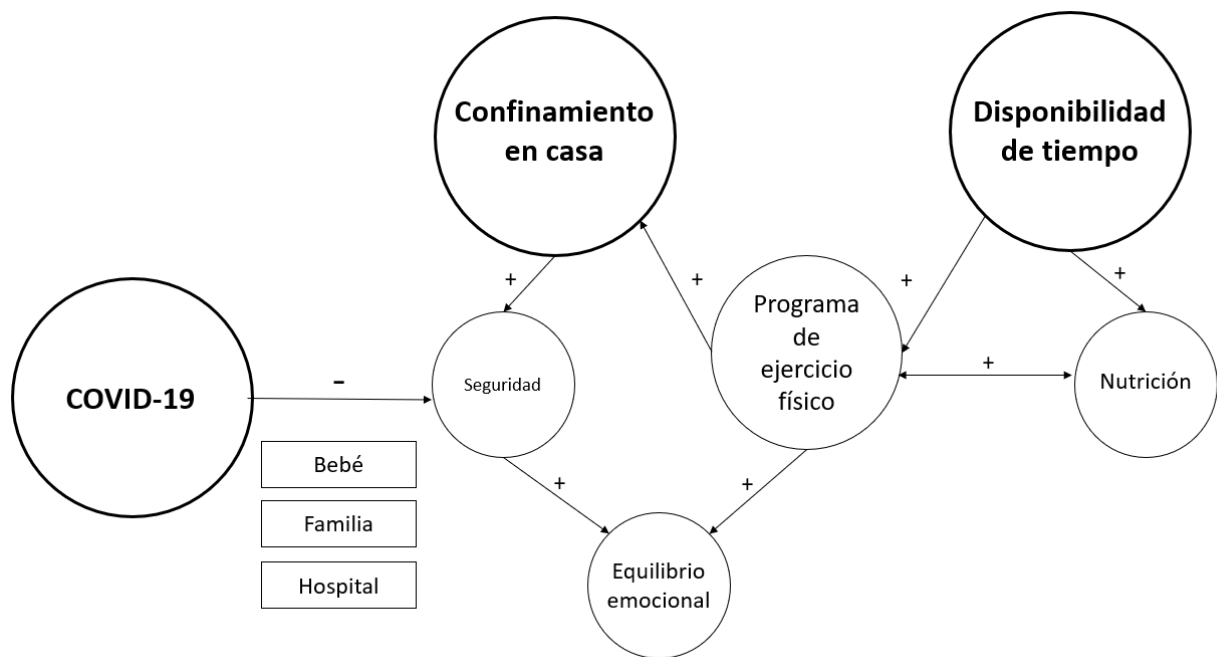


Figura 9. Mapa de interacciones de la irrupción del COVID-19 durante el embarazo en gestantes del programa de ejercicio físico (234).

De forma específica, las recientes guías universales de actividad física durante el embarazo (estadounidense, canadiense, española), en consonancia con otras a nivel mundial, han establecido la recomendación de que una gestante sana se mantenga físicamente activa, realizando 150 min de actividad física moderada al menos 3 días a la semana y, siempre que sea posible, bajo la supervisión de un profesional (235-237). En este punto, el consenso científico actual que surge de la evidencia preliminar (238-239) sugiere que una acumulación de 30 minutos o más de ejercicio moderado por día debe ocurrir en la mayoría, si no en todos, los días de la semana en ausencia de cualquier complicación médica u obstétrica, similar a la recomendación para la población no embarazada.

Por ello, la idea central del embarazo físicamente activo como promotor de salud sigue siendo un objetivo necesario y directamente relacionado con estrategias universales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por Naciones Unidas (ODS), concretamente con los objetivos 3 (para garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades) y 5 (para lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y niñas); pero esto sin duda aún necesita

mayor promoción, especialmente por parte de las instituciones encargadas de la salud de las mujeres embarazadas. La falta de progreso en niveles de AF en las diferentes regiones podría explicarse por el hecho de que, aunque más del 70% de los países tienen una política de actividad física operativa, la escala y el alcance de su implementación aún no ha tenido un impacto nacional (241,242).

1.9. Efectos de la actividad física en parámetros materno- fetales

El ejercicio prenatal mantiene un aumento de peso saludable y mejora el control de la glucosa materna, el control autonómico cardíaco materno, la eficiencia placentaria (aumenta la angiogénesis, regula a la baja los genes involucrados en el transporte de ácidos grasos y de insulina a través de la placenta, y regula al alza los genes involucrados en el transporte de aminoácidos través de la placenta) y el estrés oxidativo (243). No realizar ejercicio durante el embarazo supone un riesgo 3 veces mayor de desarrollar hipertensión y 2,5 veces mayor de feto macrosómico (244).

La AF reduce la GPG, (245-248) el riesgo de diabetes mellitus gestacional (249-252), la intensidad del dolor lumbar (253) y el riesgo de parto por cesárea (248,250,254) y además de mejorar la composición corporal materna (255).

El ejercicio físico puede reducir el riesgo de una excesiva ganancia de peso materno durante el embarazo, y esto a su vez puede promover un peso apropiado de nacimiento (248). Específicamente un programa online de ejercicio supervisado durante el embarazo (92) puede actuar como una herramienta clínica en el manejo del aumento de peso materno durante la pandemia de COVID-19, controlando el aumento de peso excesivo. Esto es especialmente importante debido a los altos riesgos que genera la situación de pandemia en cuanto a restricciones de movimiento y complicaciones asociadas para la madre, el feto y el recién nacido.

1.10. Efectos de la actividad física en parámetros del recién nacido

El peso del bebé al nacer permite una medición cruda de la salud del recién nacido y es un indicador importante del ambiente intrauterino y de la salud materna y neonatal (256). Este indicador debe ser valorado en su conjunto con otros indicadores de salud del recién nacido y debe tenerse en cuenta

también la historia clínica previa de sus progenitores ya que condiciones subóptimas en el útero, afectan al crecimiento fetal situándolo en ambos extremos del espectro (244).

Los factores que pueden afectar al peso de nacimiento son múltiples, Índice de Masa Corporal pregestacional de la madre, patrones de ganancia de peso gestacional o la ganancia de peso total durante el embarazo (99) niveles de LDL al final del embarazo, la diabetes mellitus gestacional (DMG) (257), la diabetes crónica, el ejercicio antes y durante el embarazo (244), la nutrición, la edad materna (258) o la edad gestacional al nacer (248). Por lo tanto, existen factores modificables en el periodo gestacional que pueden influir en esta variable, entre ellos y más relevante el ejercicio físico materno. Específicamente, el aumento excesivo de peso es un factor importante que influye en la morfometría neonatal. Los recién nacidos de mujeres que aumentaron excesivamente de peso en la primera mitad del embarazo exhibieron mayor longitud de la corona del talón, peso al nacer y exceso de la grasa corporal (259). Así, es plausible que el ejercicio prenatal puede afectar la morfometría fetal, específicamente la regulación de la deposición de tejido graso fetal (260).

En cuanto a la división del **peso de nacimiento** se establece que el peso de nacimiento óptimo oscile entre los 2500 y 4000 gr., encontrándose en los extremos, las desviaciones del peso óptimo como son los casos de bajo peso de nacimiento y macrosomía (4,6,156). El tipo de peso de nacimiento se dividirá en:

- **Bajo peso de nacimiento:** es definido por la OMS como el peso inferior a 2.500 gr, independientemente de la edad gestacional. Puede subdividirse en muy bajo (menor de 1.500 gr) y extremadamente bajo (menor de 1.000 gr). Concretamente, estas dos últimas situaciones son indicadores de déficits nutricionales o nacimientos prematuros.
- **Macrosomía:** es definido como un peso de nacimiento es superior a 4.000 gr. Sin embargo, un peso igual o superior a 4.500 gr aumenta el riesgo de complicaciones significativamente. No obstante, para diferenciar el riesgo de complicaciones perinatales se recomienda utilizar el Índice Ponderal ($IP = \text{Peso} / \text{Longitud}^3 \times 100$). De acuerdo con el percentil (P) nos

encontramos con: macrosomía simétrica o armónica ($IP < P90$), o macrosomía disarmónica o asimétrica ($IP > P90$). El término macrosomía está ligado al de bebés grandes para la edad gestacional y, a menudo, ambos se consideran intercambiables.

Atendiendo al ajuste del peso por la edad gestacional en el momento del parto, se habla de peso entre el percentil 10 y el percentil 90 siendo definido como Adecuado para la Edad Gestacional (AEG). El peso al nacer fuera de este rango puede ser un importante indicador de un inadecuado crecimiento fetal estableciendo dos rangos (4,6,156):

- **Pequeño para la Edad Gestacional (PEG):** es el definido por debajo del percentil 10 en función de la edad gestacional.
- **Grande para la Edad Gestacional (GEG):** es el definido por encima del percentil 90 en función de la edad gestacional, aunque a veces se usa como sinónimo de bebés con pesos mayores a 4.000 gr independientemente de la edad gestacional.
- **Restricción de crecimiento intrauterino (RCIU):** es definido como unas tasas de crecimiento fetal intrauterino inferior a lo normal, sin lograr un desarrollo óptimo. La restricción de crecimiento intrauterino es un importante factor de riesgo para que un bebé nazca potencialmente PEG, sin embargo, no todos los recién nacidos PEG tienen un crecimiento restringido.

Los programas estructurados de ejercicio físico durante el embarazo parecen ser seguros para el recién nacido, favoreciendo principalmente un peso al nacer más bajo dentro del rango normal lo que ayuda a disminuir las comorbilidades relacionadas con el riesgo de enfermedades crónicas (261). Sin embargo, se necesitan más estudios para establecer recomendaciones universales.

Son numerosos las consecuencias de no tener un peso adecuado de nacimiento, tanto por el extremo superior como inferior. De manera alarmante, el exceso de peso corporal en el nacimiento se asocia con riesgos bajos a moderadamente elevados de enfermedades como: diabetes tipo 1, hipertensión, varios trastornos psiquiátricos o cáncer durante la infancia (262) así como desarrollar diabetes

mellitus tipo 2, obesidad y síndrome metabólico en la infancia o en la edad adulta (263). Además, el peso excesivo al nacer aumenta el riesgo de hipoglucemia (263), distocia de hombros (que aumenta la posibilidad de hemorragia materna y daño del plexo braquial o fractura de clavícula del recién nacido), lesiones del nervio frénico, asfixia o síndrome de aspiración de meconio, lo que aumenta el riesgo de mortalidad materna o infantil (264).

Por la contra, tener un peso inadecuado al nacer (< 2.500 gr) está relacionado con complicaciones del desarrollo en el ambiente uterino, deficiencias nutricionales y crecimiento prematuro que puede conducir a hipoglucemia después del parto y riesgo de resistencia a la insulina desde el primer año de vida (265). Este peso inadecuado podría conducir a enfermedades crónicas aumentando el riesgo de enfermedad coronaria, accidentes cerebrovasculares y diabetes mellitus tipo 2 (266,267).

De esta manera, estudios previos también vinculan el bajo peso al nacer con una disminución del volumen cerebral que conduciría a un desarrollo neurocognitivo negativo (268-270). Además, los bebés prematuros que sobreviven tienen más probabilidades de experimentar algún tipo de discapacidad de por vida, en particular parálisis cerebral, discapacidades relacionadas con el aprendizaje y problemas visuales y auditivos (271,272). Como herramienta plausible para el control de todas estas complicaciones nos encontramos con la disposición materna a un estilo de vida saludablemente activo, específicamente con la práctica de ejercicio físico.

El ejercicio durante el embarazo tiene el potencial de influir en el entorno del útero y el crecimiento fetoplacentario a través de la modulación del flujo sanguíneo placentario, la partición de nutrientes y el suministro de oxígeno/nutrientes al feto (153). De forma primaria, un embarazo físicamente activo mejora la salud de la descendencia al normalizar el peso al nacer (262), reduce el riesgo de parto prematuro (273) y mejora la composición corporal neonatal, así como la función placentaria, que da como resultado condiciones de crecimiento intrauterino optimizadas. Además, los hijos de mujeres embarazadas que hacen ejercicio parecen tener una menor frecuencia cardíaca en reposo, mayor variabilidad de la frecuencia cardíaca y mejor salud vascular (274). Por último, el ejercicio

físico puede también mejorar el metabolismo cerebral en la descendencia y prevenir la neurotoxicidad relacionada con procesos neurodegenerativos y el deterioro cognitivo (275).

Existe controversia en los resultados de peso de nacimiento en función del ejercicio físico. Parte de la literatura científica soporta que se adecuan los pesos de nacimiento y se previene en un 39% el riesgo de macrosomía fetal y no aumentando el riesgo para PEG (276). Se ha demostrado que, como mínimo, el cumplimiento de las pautas de actividad física reduce el riesgo de dar a luz a un recién nacido grande para la edad gestacional sin ningún efecto sobre el parto pequeño para la edad gestacional (277-279). Acorde a estos resultados, un estudio reciente (280) encontró pesos más adecuados en niños de madres que realizaron una intervención de ejercicio físico.

Asimismo, la intensidad del ejercicio se especula que modula la composición corporal neonatal (281), por lo tanto, podría haber una relación dosis-respuesta entre el ejercicio materno y los resultados neonatales.

Se considera que los hijos de madres ejercitadas tienen un riesgo reducido del exceso de peso corporal y masa grasa, así como la mejora homeostasis de la glucosa a largo plazo (255,282-284).

En concordancia con estos resultados, se evidencia un efecto dosis-respuesta en otro estudio en el que los recién nacidos con los pliegues cutáneos y el porcentaje de grasa corporal más bajos se encontraron entre las mujeres más "adherentes" del grupo intervención. De esta forma, el ejercicio podría controlar el peso al nacer en un rango saludable al normalizar la glucosa en sangre, reduciendo la resistencia a la insulina materna y alterando el flujo sanguíneo placentario y el suministro de nutrientes (285-288).

En este sentido, se sabe que los bebés con peso corporal adecuado tienen un menor riesgo de obesidad, diabetes mellitus tipo 2, síndrome metabólico o marcadores reducidos de enfermedad metabólica en la infancia o en la edad adulta en comparación con bebés con peso corporal excesivo (> 4.000 gr) (110,289). Por ello, es importante señalar que las hipótesis de recursos maternos, de Barker y Pedersen (290-292) postulan que la masa de tejido adiposo al nacer es predictora del riesgo

de sobrepeso u obesidad en la niñez, adolescencia y edad adulta; estas hipótesis apoyan urgentemente, como la práctica del ejercicio aeróbico materno durante el desarrollo inicial del tejido adiposo fetal en el útero.

1.11. Efectos de la actividad física en parámetros del infante

Son muchos los estudios que llaman la atención acerca de la necesidad de promocionar la idea de un embarazo más saludable como factor básico para asegurar el bienestar del/a recién nacido/a e infante y, por ende, de las futuras poblaciones. Sin embargo, como hemos visto, los datos relativos a complicaciones y patologías metabólicas generados por estilos de vida inadecuados durante el embarazo son alarmantes (293-296). No hay estimaciones sobre los costes sanitarios que generan estas complicaciones, pero podemos especular que son cuantiosos.

En cuanto a los niveles de sedentarismo y los hábitos de actividad física durante el embarazo, a nivel mundial, el 80% de las mujeres embarazadas no cumplen con el mínimo semanal de 150 minutos de actividad física moderada (216,235). En España, esta situación es similar a otros países, con solo un 19,7% de las mujeres cumpliendo las recomendaciones de la American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG) de ser físicamente activa (297).

Se hace necesario y urgente encontrar nuevas alternativas que actúen de forma ágil e inocua previniendo estas complicaciones y patologías anteriormente mencionadas, favoreciendo de esta forma el bienestar de la mujer gestante y su hijo/a durante y después del período gestacional. Tal y como muestra la evidencia científica, el ejercicio físico durante el embarazo no provoca efectos adversos a nivel materno, fetal y del recién nacido/a, llegando incluso a mejorar ciertos parámetros (298).

El ejercicio físico es una estrategia no farmacológica prometedora capaz de reducir la susceptibilidad de los hijos a desarrollar enfermedades metabólicas en la edad adulta y, por lo tanto, contribuye a romper el círculo vicioso de la transmisión transgeneracional de las enfermedades asociadas a ambientes adversos maternos durante la gestación.

1.11.1. Modelo animal

Cuando hablamos de modelos animales, el ejercicio materno tiene el potencial de alterar los fenotipos de la descendencia (299) mostrando que las desigualdades en salud en la vida fetal pueden programar los resultados de salud que se manifiestan en la vida adulta de los hijos (como actividad física y parámetros metabólicos alterados), probablemente a través de diferentes mecanismos biológicos (300).

En este sentido, se tiene analizado el efecto multigeneracional de la actividad física encontrando una reducción de la adiposidad y las concentraciones de glucosa en hasta tres generaciones más tarde (301) teniendo el ejercicio un posible efecto de reprogramación para prevenir la disfunción metabólica futuras (302). De igual forma, se ha visto que el ejercicio disminuye el riesgo metabólico inducido por la obesidad materna, mejorando el metabolismo de la insulina/glucosa, con mayores efectos en la descendencia masculina que en la femenina (303).

Además, se ha visto que el ejercicio físico puede ser una medida preventiva o un tratamiento para el deterioro de la función cognitiva encontrando la posibilidad de mitigar el proceso neurodegenerativo asociado con el Alzheimer a través de la programación del metabolismo cerebral mediante el EF durante el embarazo (275).

Dadas las epidemias mundiales de obesidad y diabetes tipo 2, si estos hallazgos se traducen en humanos, el ejercicio regular durante los años reproductivos podría limitar los círculos viciosos en los que el aumento del riesgo metabólico se propaga de generación en generación (304).

1.11.2. Estudios en infantes

Un creciente cuerpo de la evidencia expone el impacto de la actividad física materna durante el embarazo en diferentes parámetros de la salud del infante. Aunque estos estudios siguen siendo escasos, con evidentes diferencias metodológicas y ejecutivas, sirven de cimientos para desengranar los efectos del ejercicio durante este período.

McCullough et al. publicó el primer estudio de la actividad física materna durante el embarazo y la

regulación epigenética de los genes impresos en la sangre del cordón umbilical del recién nacido al nacer (148) encontrando marcadores epigenéticos en la sangre del cordón que se asocian con la masa magra y crecimiento en la descendencia. Estos resultados subrayan que el ambiente intrauterino en humanos podría tener la capacidad de programar el epigenoma, que en a su vez puede afectar el metabolismo y el crecimiento más adelante en la vida (305).

Desde el nacimiento hasta la adolescencia se han realizado estudios para evidenciar el potencial de la actividad física materna en la descendencia. Se ha encontrado que, a los 5 días de edad, los hijos de mujeres que hacían ejercicio tenían una capacidad neuroconductual ligeramente mejorada, con mejor orientación y regulación del comportamiento (306).

Al mes del nacimiento se han encontrado niveles de adiposidad reducida en neonatos de mujeres embarazadas entrenadas aeróbicamente (307) así como una variabilidad de la frecuencia cardíaca más alta en el período infantil sugiriendo que sistema nervioso autónomo cardíaco en desarrollo es sensible a los efectos de la actividad física materna y es un objetivo para la programación fetal.

Asimismo, se observó una asociación positiva de esta actividad física y desarrollo neuromotor (308) que puede resultar en una mayor probabilidad de el niño sea físicamente activo. El ejercicio durante el embarazo puede influir positivamente en los sistemas en desarrollo, lo que permite un mejor desarrollo neuromotor, lo que conduce a bebés más hábiles en el movimiento y, presumiblemente, más propensos a ser activos al mes de la vida (309).

Al año, el ejercicio durante el embarazo también redujo el riesgo de sobrepeso y obesidad infantil (310) y supuso efectos positivos en el desarrollo del bebé, así como en el patrón de sueño (311) presentando un mejor desempeño neuromotor (312,313). De igual forma, se informó de un mayor coeficiente intelectual, puntuación de vocabulario y desarrollo del lenguaje en niños de madres activas durante el embarazo (314). Por otro lado, Helenes et al. (315) no reportó ninguna diferencia en las habilidades motoras de los niños de 18 meses cuyas madres habían hecho ejercicio durante el embarazo, exponiendo las diferencias metodológicas en los diferentes programas de ejercicio físico.

Siguiendo esta línea temporal, los componentes de la presión arterial pulsátil central materna (sistólica y diastólica) durante el embarazo se asocian con presiones arteriales más altas en la descendencia. Esta correlación positiva ya es evidente a los 3 años (316). En este sentido, se ha visto que el ejercicio físico controla la presión arterial materna y los trastornos hipertensivos del embarazo por lo que podría influir en la presión arterial de la descendencia.

A los 5 años, Clapp et al. (317) sugieren que el nivel de ejercicio materno durante el embarazo muestra un fenotipo más magro reduciendo la masa grasa subcutánea en la descendencia. Además, a esta edad, se mostró un aumento general puntuaciones de inteligencia y lenguaje oral (317).

A los 7 años, no hay asociación entre la actividad física y el peso de niño (318) ni encontramos diferencias de grupo en las habilidades motoras, funciones ejecutivas, percepción, memoria, lenguaje, habilidades sociales o problemas emocionales/conductuales informados por los padres (319). A los 8 años, Mourtakos et al. (125) con un tamaño de muestra mayor observaron una asociación significativa entre niveles moderados de actividad física materna durante el embarazo y un menor riesgo de sobrepeso y obesidad en el niño estando el ejercicio físico asociado con un IMC menor.

Por último, se encontró un mejor rendimiento escolar en niños de 6 a 18 años (312). Tres revisiones recientes concluyen que la actividad física puede tener efectos positivos sobre los resultados del desarrollo neurológico (313,320,321). Recomendar ensayos clínicos que investiguen el ejercicio materno y neurodesarrollo de la descendencia en una perspectiva a largo plazo (320,321) es necesario. La gran mayoría de investigaciones han mostrado mejoras en el metabolismo de la descendencia, el cáncer y salud cardiovascular y riesgo de enfermedad. Por lo tanto, en general, el cuerpo de trabajo actual apoya la recomendación para el ejercicio durante el embarazo (235-247).

La programación metabólica puede revertirse parcialmente a través de intervenciones durante las fases de plasticidad del desarrollo, siempre que la descendencia mantenga su capacidad de reprogramación biológica (322). Por ello, se postula que el ejercicio puede alterar la secreción de

factores endocrinos placentarios que pueden disminuir el riesgo de alteración del metabolismo en la vida posterior de la descendencia (323) para contrarrestar el riesgo de propagación de enfermedades metabólicas a través de generaciones. Por último, puede resultar que el sobrepeso en un país se considera crecimiento normal y el riesgo de desarrollo de la obesidad se detecta demasiado tarde (125) por lo que utilizar estándares globales es clave para estas intervenciones.

Por lo tanto, los resultados de este estudio serán beneficiosos para salud materna y fetal/recién nacido, apoyarán los esfuerzos proporcionar una atención continua a las madres y sus bebés, y será relevante para acelerar progreso hacia el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio 3 y 5.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2.1. Hipótesis

El ejercicio físico aeróbico, moderado y supervisado durante el embarazo impartido con carácter no-presencial puede reducir el riesgo de sobrepeso y obesidad infantil durante el primer año de vida.

2.2. Objetivos

2.2.1. Primario

Examinar la eficacia de un programa de ejercicio físico aeróbico y supervisado durante el embarazo, impartido con carácter no-presencial, en la disminución del riesgo de sobrepeso y obesidad infantil durante el estado de pandemia.

2.2.2. Secundarios

- Examinar la influencia de un programa de ejercicio físico aeróbico y supervisado durante el embarazo, impartido con carácter no-presencial, en los resultados perinatales del/a recién nacido/a.

- Examinar la influencia de un programa de ejercicio físico aeróbico y supervisado durante el embarazo, impartido con carácter no-presencial, en determinados parámetros maternos de tipo pre y perinatales, tales como: ganancia de peso, diabetes gestacional o tipo de parto.
- Valorar los efectos de un programa de ejercicio físico aeróbico y supervisado durante el embarazo, impartido con carácter no-presencial en la generación de hábitos saludables maternos.
- Conocer el impacto de la pandemia del COVID19 y sus efectos en la adherencia de la población gestante a un programa de ejercicio físico aeróbico y supervisado durante el embarazo, impartido con carácter no-presencial.

3. MATERIAL AND METHODS

3.1. Study design

A randomized clinical trial (NCT04563065) was conducted between January 2020 and January 2023.

The development of the study had an uninterrupted duration of **36** months.

The study was carried out by the Obstetrics and Gynecology Department of the Hospital Universitario Severo Ochoa (Madrid) in collaboration with the Faculty of Sport Sciences – INEF of Universidad Politécnica de Madrid.. The research protocol was approved by the Ethical Commission of Research of the Universidad Politécnica de Madrid (UPM 2020-032) and the aforementioned hospital Ethical Commission of Clinical Research (CEIC) (A-704) and following the Declaration of Helsinki ethical guidelines, which was last modified in 2008.

The present RCT had a cyclical enrollment, constantly uptaking the sample, every three months, as reflected in Figure 10. The main reason is to maintain an adequate intervention of physical exercise with groups of 15-20 pregnant women, guaranteeing a correct follow-up of the sample, assuring the facilities and materials for the development of the sessions.

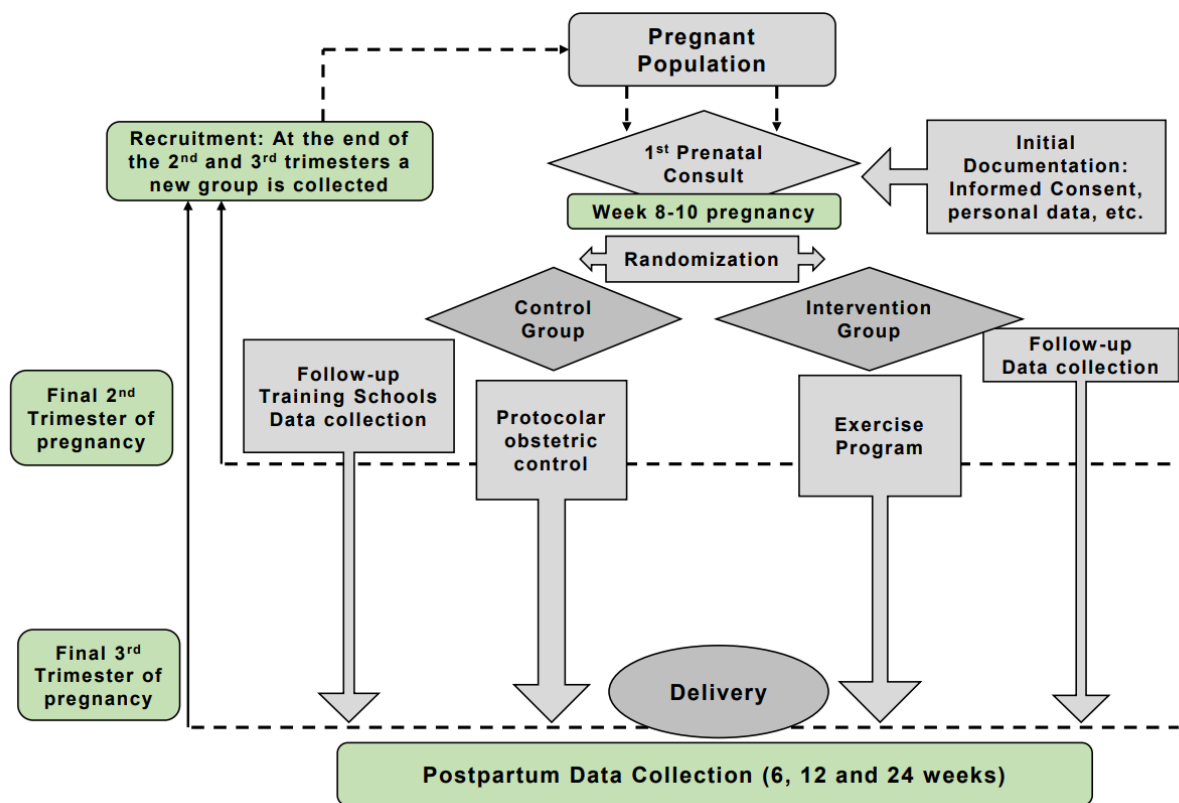


Figure 10. Study algorithm.

3.2. Participants and Randomization

A total of 460 Spanish-speaking pregnant individuals living in Spain were recruited and assessed for eligibility from hospital obstetric visits. In the first prenatal consultation (week 6-8), contact is made with the pregnant woman to facilitate admission to the study immediately after the first control ultrasound (8-12 weeks of gestation). In the case of an affirmative response to participate in the study, randomization was carried out towards the assigned study group for follow-up, data collection and storage. All participants provided signed written informed consent prior to participating in the study (Appendix 12.1 and 12.2).

3.3. Inclusion criteria

Pregnant women fulfilling the following criteria: >18 years old, singleton pregnancies and do not participate in any other program of supervised physical exercise. As exclusion criteria will be those women affected by the following medical or obstetrical complications (235,324). Those who did not plan to give birth in the same hospital and who were not under medical follow-up throughout

pregnancy were not included.

As we mentioned previously, women were also excluded if they had any serious medical conditions (contraindications) that prevented them from exercising safely (235,324) according to international clinical guidelines (Table 5).

Table 5. Contraindications for the practice of physical exercise (235).

Absolute contraindications	Relative contraindications
Active myocardial disease	
Heart failure	Essential arterial hypertension
Rheumatic heart disease (class II or higher)	Cardiac arrhythmias or palpitations
Thrombophlebitis	History of intrauterine growth retardation
Recent pulmonary embolism	History of preterm labor
Acute infectious disease	History of previous abortions
Cervical incompetence	Anemia or other hematological disorders
Multiple pregnancy	Thyroid disease
Genital bleeding	Mellitus diabetes
Premature rupture of the ovular membranes	Chronic bronchitis
Intrauterine growth retardation	Breech presentation in the last trimester of pregnancy
Severe isoimmunization	Excessive obesity
Severe hypertensive disease	Extreme thinness
Absence of prenatal control	Orthopedic limitations
Suspected fetal distress	Stroke problems
Risk of premature delivery	

3.4. Power sample calculation, random assignment

Risk of childhood overweight/obesity was used as the main calculation variable. Power calculations for the primary outcome (125,310,317) were based on previous studies and used a prevalence of 10% in the intervention group and 25% in the usual care group.

Under these assumptions, to detect a reduction of about 15% of these cases in the intervention group (physical exercise program), a two-sample comparison (χ^2) with a 5% level of significance and a statistical power of 0.85 gave a study population of 91 participants in each group. Assuming a maximum lost to follow-up of 20% we decided to recruit 140 participants for each of the study groups (Figure X).

REDCap (Research Electronic Data Capture) software established in the CESVIMA database (Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid) was used for the entire randomization process as well as data storage and processing (325,326). It performed an arbitrary division of the study participants using a list of block random numbers, distributing the sample using a 1:1 allocation ratio to either the intervention group (IG) or control group (CG) designed by a researcher from the working group.

Access to the REDCap software for randomization was conducted by one health provider in the hospital. All assignments were blinded to hospital and university staff. The database was found accessible to all members of the study at the time of data collection. The extracted data was obtained by the SELENE platform that manages all hospital obstetric records and was stored in the internal project-specific database.

3.5. Outcomes

The registered information collected data from the pre-gestational period, the perinatal period, the childbirth and the postpartum period up to one years of age was stored in redcap and transferred to the Statistical Package for Social Sciences (SPSS) data software, version 25.0. The variables collected are summarized in table 6.

Table 6. Study variables collected during pregnancy and postpartum period.

		COLLECTED VARIABLES
PREGNANCY AND DELIVERY	Maternal	Maternal age at the beginning of the program
		Prepregnancy weight
		Height
		Body Mass Index
		Occupation
		Smoking before pregnancy
		Smoking during pregnancy
		Parity
		Previous abortion
		Ethnicity
	Fetus and Newborn	Gestational age at each routine visit
		Weight at each routine visit
		Weight gain
		Gestational diabetes
		Gestational age at delivery
		Mode of delivery
		Sex
		Birth weight
		Height
		Head circumference
Apgar 1	Apgar 1	
	Apgar 5	
	Umbilical Cord pH	
	Admission to the Neonatal Intensive Care Unit	
	Type of breastfeeding	
POSTNATAL	Child*	Weight
		Height
		Head circumference

*Data obtained through the “New plan for care of the healthy child” (Madrid Health Service. Primary Care Management. Community of Madrid) in each of the ordinary visits up to the first year.

3.5.1. Primary Outcome

As a primary outcome, child BMI at one month, 2 months, 4 months, 6 months and 12 months after birth was stratified as underweight (below the 5th percentile), normal weight (between the 5th or 85th percentile), and overweight and high risk of obesity (above the 85th percentile) (327).

To obtain these percentiles to divide the sample, the BMI z-score for age was calculated. For this, BMI was calculated as weight (kg) divided by height (m)² taking into account sex and age of the infant (328). The cut-off points for BMI based on the percentiles according to the BMI-Z scores are presented in Table 7.

Table 7. Cut-off points for the main study variable.

Outcome (kg/m ²)	Sex	Strong low weight	Low weight	Normal weight	Overweight	Severe overweight
		Percentile <5th		Percentile 5-85th		Percentil >85th
BMI at 1 month	Male	10.0-12.3	12.3-13.5	13.5-16.2	16.2 -17.6	>17.6
	Female	9.0-11.8	11.8-13.1	13.1-15.8	15.8-17.4	>17.4
BMI at 2 month	Male	11.0-13.6	13.6-14.8	14.8-17.6	17-6-19.2	>19.2
	Female	10.0-12.9	12.9-14.2	14.2-17.2	17.2-18.8	>18.8
BMI at 4 month	Male	12.0-14.5	14.5-15.8	15.8-18.7	18.7-20.3	>20.3
	Female	11.0-13.9	13.9-15.2	15.2-18.3	18.3-20.0	>20.0
BMI at 6 month	Male	12.0-14.7	14.7-16.0	16.0-18.8	18.8-20.5	>20.5
	Female	12.0-14.1	14.1-15.5	15.5-18.5	18.5-20.2	>20.3
BMI at 12 month	Male	12.0-14.3	14.3-15.4	15.4-18.1	18.1-19.7	>19.7
	Female	11.0-13.7	13.7-14.9	14.9-17.7	17.7-19.5	>19.5

3.5.2. Secondary Outcomes

Pregestational descriptive information: age, parity, previous miscarriage, occupation, ethnicity, pre-gestational weight, height and pre-pregnancy body mass index (BMI) and smoking previous and during pregnancy.

BMI was calculated as weight (kg) divided by height (m)², and individuals were classified as underweight (BMI <18.5 kg/m²), normal weight (BMI ≥18.5 to 24.9 kg/m²), overweight (BMI ≥25 to 29.9 kg/m²), and obese (BMI ≥30 kg/m²) (329).

Perinatal information: gestational age and maternal weight at each visit of each trimester, adherence to exercise, gestational diabetes and partial and final gestational weight gain.

Gestational weight gain was calculated based on pre-pregnancy weight and weight at the time of admission for delivery. Gestational weight gain was classified according to the 2009 Institute of Medicine guidelines (78).

Excessive gestational weight gain was seated for pre-pregnancy BMI categories for each participant; >18kg for underweight; >16kg for normal; >11.5kg for overweight; and >9kg for obese (78).

Childbirth delivery information: mode of delivery (non-instrumental, instrumental or c-section), type of delivery (preterm at <37 weeks of gestation), sex, birth weight, height, BMI, head circumference, umbilical cord blood pH, Apgar Scores (appraise the newborn's heart rate, color, reflexes, muscle tone, and respiratory effort) at 1 and 5 min, and neonatal intensive care unit (NICU) admissions.

For the type of birth weight, the birth weight was stratified by low birth weight as <2500 g, adequate birth weight between 2500 and 4000 g, macrosomia as >4000 g (330). Taking into account the adjustment of weight for gestational age at the time of delivery, weight below the 10th percentile is defined as small for gestational age (SGA), between the 10th percentile and the 90th percentile as adequate for gestational age (AGA) and above the 90th percentile as large for gestational age (LGA).

Postpartum information: type of breastfeeding (breastfeeding, artificial or mixed), weight, height, head circumference and BMI were recorded at one month, 2 months, 4 months, 6 months and 12 months after birth.

3.6. Study groups

3.6.1. Control Group (CG)

All women assigned to the CG received their routine obstetric health care at their referral hospital centres, including standard recommendations with physical activity advice or nutritional guidelines throughout pregnancy, such as the IG. The regular visits to their health care providers were in weeks 8-12, 20-22, 26, 28, 35-36 and 41 (due to a chronologically prolonged gestation). likewise, other extra visits were performed if necessary. To control their physical activity level, they were asked about the amount of exercise once each trimester using a "Decision Algorithm" through Redcap (325,326). If they were registered as overly active, pregnant individuals were excluded from the study.

- The first mode consisted of one weekly class with easily recorded trainings with indications and visual information on a private list in Youtube.
- The second consisted of two weekly online supervised classes sessions through the Video Platform (Zoom Video Communications Inc.). Classes were provided on separate days in different schedules, to facilitate the participant calendars without the possibility of carrying out two sessions on the same day.

General characteristics (331):

- The minimum required adherence was 80% of the total number of classes. Control of attendance at the sessions was registered by the computer application and evaluated month by month by the health care provider of the hospitals (Figure 12).






Attendance evaluation			
	 GESTATIONAL AGE <20 WEEKS	 GESTATIONAL AGE 20-30 WEEKS	 GESTATIONAL AGE >30 WEEKS
CALL OF ATTENTION 	<70%	<70%	<70%
EXCLUSION 	<55%	<60%	<65%

Figure 12. Attendance evaluation protocol (own elaboration).

- *Start:* the beginning of the program was between 8 and 11 weeks of gestation immediately after the first prenatal ultrasound, in order to reject Obstetric Contraindications for physical exercise.

- *Final*: the program ended between week 38 and 41 of gestation.
- Number of sessions: 75-80 sessions.
- Frequency: 3 days a week (Monday, Tuesday and Thursday).
- Duration: 55-60 minutes.
- Grouping: 20-22 pregnant women maximum in Zoom classes supervised by a qualified Physical Activity and Sport Sciences specialist.
- Workload intensity: moderate. To control intensity during sessions, two mechanisms were used:
 - Maternal heart rate (MHR) by a personal monitor (pulsometer) or in a manual mode, using values of 55-65 % of maximum MHR calculated from the Karvonen formula (332). The calculation was updated every trimester due to the change in resting MHR as pregnancy progresses. The maximum MHR was calculated by $220 - \text{age}$ (333). The resting heart rate was measured by making an average of 3 records on consecutive days just awake.

FORMULA:

$$\text{WORKING MHR} = ((\text{maximum MHR} - \text{resting MHR}) \times (\% \text{ Intensity} / 100)) + \text{resting MHR}$$

Prior to starting the program, each participant was instructed on how to determine heart rate range. During the trainings, between the different parts of the class, heart rate was recorded by a heart rate monitor or for 10 seconds at the carotid artery.

- The perception of effort by Borg's Rating of Perceived Exertion Scale (334), using an effort perception of 12-14 (Somewhat Hard) as a result of the central exercise completed (Figure 13). Likewise, women were educated in the use of Borg's Scale from the beginning of the program. At the end of each class and taking advantage of

the final talk, participants were asked to indicate their perceived effort during the workout.

VERY VERY LIGHT	6 7
VERY LIGHT	8 9
FAIRLY LIGHT	10 11
SOMEWHAT HARD	12 13
HARD	14 15
VERY HARD	16 17
VERY VERY HARD	18 19 20

Figure 13. Borg's Rating of Perceived Exertion Scale (334).

Exercise program:

The structure of the session was maintained during the three trimesters of pregnancy, with modifications in the duration of the components according to the specific needs throughout pregnancy (Figure 14).

Exercise program development

The design of the physical exercise program will be supported by the Barakat Model (331) since these are basic and safe lines of action to ensure maternal-fetal wellbeing during and after physical activity.

Basic considerations:

- The exercise was scheduled to be performed regularly throughout pregnancy, never occasionally.
- Work positions in areas with greater overload due to the pregnancy process were avoided.
- Women were encouraged to have adequate fluid intake before, during, and after each session.

- No exercise was performed with fever or any discomfort or indisposition.
- Exhausting fatigue and overtraining were avoided.
- As a general rule and to eliminate potential risks, the following was avoided:
 - Activities with Valsalva maneuver.
 - High temperatures or very humid environments to avoid hyperthermia (body temperature above 38° C).
 - Jumps and sudden and ballistic movements.
 - Positions of extreme muscle tension avoiding forced positions in the exercises or excessively maintaining the stretching time.

Symptoms of exercise discontinuation:

For the exhaustive control and safety of physical practice, the following symptoms are identified as reasons for the cessation of the activity, momentarily or definitively (235,324).

- Minimal vaginal bleeding.
- Dyspnea prior to exercise.
- Vertigo. Headache.
- Retrosternal pain (in the chest area, behind the sternum).
- Muscular weakness.
- Calf pain or swelling (in order to rule out thrombophlebitis).
- Decreased fetal movements.
- Decreased amount of amniotic fluid.

Resources:

The development of the physical exercise program was carried out through online classes. Each woman conducts the session from her home and the instructor/trainer in a different room (University or own home). The material resources to carry out the classes in this phase were: dumbbells from 1

to 2 kg, a medium-low resistance elastic band, a mat, a fitball (adapted to the height of women) and a tennis ball. Alternative materials were also used, such as: chair, backpack, broomstick, towel or books.

The spaces in which the activity is carried out have adequate conditions for the safe practice of physical exercise, with a temperature range that ranged between 20 °C and 22 °C (335) and humidity around 40- 45% and never higher than 60% (336) in addition to an adequate ventilation system.

For all activities, specific sports clothing was requested that consisted of: Comfortable, breathable, and suitable clothing for sports practice, sports bra, comfortable and tight sports shoes, and a bottle of water.

Global Structure of the Program (Figure 14):

- Aerobic endurance capacity (AE)
- Muscular Strengthen (MS)
- Coordination and Posture Equilibrium (balance) (C/E)
- Stretching and Relaxation (S/R)
- Pelvic Floor Training (PFT)

Percentages of contents during the program					
Until week 20		Until week 30		Until week 38-39	
Aerobic Endurance	40 %	AE	30 %	AE	25 %
Muscular Strengthen	30 %	MS	25 %	MS	25 %
Coordination/Postural Equilibrium (Balance)	10 %	C/E	15 %	C/E	15 %
Stretching /Relaxation	10 %	S/R	15 %	S/R	15 %
Pelvic Floor Training	10 %	PFT	15 %	PFT	20 %

Figure 14. Percentages of each aspect of the program based on Barakat Model (331).

Each session was distributed into seven parts as follows (331):

- *Activation-Warm up:* For 8-10 minutes, exercises began that involve varied movements without running or impact activities (jumps, falls) at different intensities and mobility work on the main joints.
- *Aerobic:* With a duration between 20-25 minutes, aerobic exercises of moderate intensity were performed through recreational activities with sports equipment (balls, ropes, spades) or choreography of different musical styles with low impact.
- *Strength exercises:* This part consists of 10-12 minutes of strength conditioning exercises with dumbbells (up to 3 kg) and therabands adapted to each participant. Exercises were performed to work the whole body: lower body (calf muscles, quadriceps, biceps surae, adductors, abductors), upper body (abdominals, pectoral, shoulders and paravertebral muscles).
- *Coordination and balance:* For 5-7 minutes, eye-hand and eye-foot coordination tasks were carried out with sports equipment, as well as balance exercises (static and dynamic) in different operating positions (standing or quadruped) and a variety of support surfaces.
- *Pelvic floor muscle training:* performed by following Kegel exercises for 5–10 min each session. These were composed of slow contractions of type I fibres (doing between 2–3 series of 6–8 repetitions and 8 to 10 s each repetition) and fast contractions of type II fibres (doing 1–2 series of 6–8 repetitions and doing 14–18 contractions of 2 to 3 s each repetition) of the different structures of the pelvic floor musculature (vaginal and anal contractions). It was complemented with leg strengthening exercises such as glute bridge, hip abductions, or hip rotations. The contractions were completed by increasing the difficulty and varying the positions on a mat, a chair or a fitball.
- *Cool down:* It consisted of 5-10 minutes of gradual decrease in intensity with static stretching and relaxation exercises.

- *Final talk.* Final phase of 3-5 minutes was dedicated to discussing about the feelings and perceptions about the physical activity session and their own daily experiences. It focused on the exchange of impressions between pregnant women as an promoter of quality of life.

3.7. Statistical analysis

Version 25.0 of IBM SPSS for Windows (IBM Corporation, Armonk, NY, USA) was used. Screening for violations of normality was checked using the Kolmogorov Smirnov test.

Pearson's chi-square test was used to compare parity, previous miscarriage, occupation, ethnicity, smoking previous and during pregnancy, number of participants by pre-pregnancy BMI subcategory, gestational diabetes, excessive gestational weight gain, mode of delivery, type of delivery, sex, type of birth weight, weight for gestational age, NICU admissions and type of breastfeeding between the IG and CG.

Specifically, this test was used to determine the number of cases of underweight, normal weight and overweight at one month, 2 months, 4 months, 6 months and 12 months after birth between the intervention and control groups. For variables with significant results, the value of the effect size was provided using Cramer's V statistic.

Student's t-tests were used to assess the differences in maternal age, weight, height, pre-pregnancy body mass index, final maternal weight, partial and final gestational weight gain, gestational age at each visit of the three trimesters of pregnancy, birth weight, height, neonatal BMI, head circumference, umbilical cord blood pH, Apgar Scores at 1 and 5 min, and weight, height, head circumference and BMI were recorded at one month, 2 months, 4 months, 6 months and 12 months after birth between the intervention and control groups. This same analysis was performed for the variables weight, height, head circumference and BMI during the infant's first year, stratified by birth sex. The effect size was shown using Cohen's d statistic.

Binary logistic regressions were used to assess risk estimation (odds ratio (OR)) of NICU admissions in relation to IG and CG. Besides, multinomial logistic regression was employed to assess whether different infant BMI category (low weight, normal weight and overweight) could be associated with participating or not in the physical exercise program. In addition, a repeated measures ANOVA was performed to see the evolution of the infant's BMI during the first year between IG and CG.

Data for continuous variables are shown as means and standard deviations, and those of the categorical variables as frequencies and percentages. Statistical significance level was set at $p < 0.05$.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Diseño del estudio

Se realizó un Ensayo Clínico Aleatorizado (NCT04563065) entre enero de 2020 y enero de 2023. El desarrollo del estudio tuvo una duración ininterrumpida de 36 meses.

El estudio fue realizado por el Servicio de Obstetricia y Ginecología del Hospital Universitario Severo Ochoa (Madrid) en colaboración con la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte – INEF de la Universidad Politécnica de Madrid. El protocolo de investigación fue aprobado por la Comisión Ética de Investigación Clínica de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM 2020-032) y la Comisión Ética de Investigación Clínica (CEIC) (A-704) del citado hospital, siguiendo las directrices éticas de la Declaración de Helsinki, cuya última modificación fue en 2008.

El presente ECA tuvo un reclutamiento cíclico, retomando la muestra constantemente, cada tres meses, como se refleja en la Figura 15. El motivo principal es mantener una adecuada intervención de ejercicio físico con grupos de 15-20 gestantes, garantizando un correcto seguimiento de la muestra, asegurando las instalaciones y materiales para el desarrollo de las sesiones.

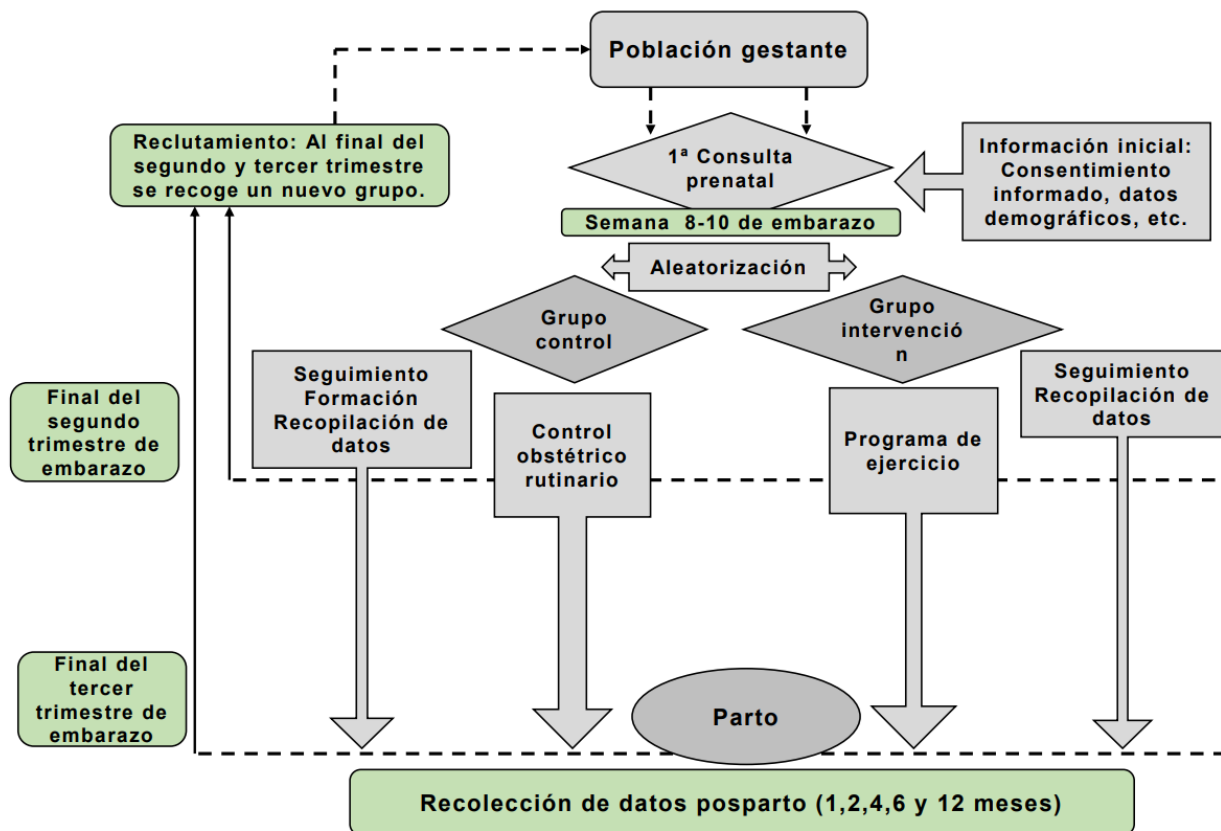


Figura 15. Algoritmo del estudio.

4.2. Participantes y aleatorización

Se reclutó a un total de 460 gestantes de habla hispana que vivían en España y se evaluó su elegibilidad. En la primera consulta prenatal se establece contacto con la gestante para facilitar el ingreso al estudio inmediatamente después de la primera ecografía de control (8-12 semanas de gestación). En caso de respuesta afirmativa para participar en el estudio, se realizó una aleatorización hacia el grupo de estudio asignado para seguimiento, recolección y almacenamiento de datos. Todos los participantes proporcionaron un consentimiento informado por escrito firmado antes de participar en el estudio (Anexo 12.1 y 12.2).

4.3. Criterios de inclusión

Se incluyeron al estudio mujeres embarazadas que cumplieron con los siguientes criterios: > 18 años, embarazos únicos así como no participar en ningún otro programa de ejercicio físico supervisado.

Como criterios de exclusión estuvieron aquellas mujeres afectadas por diferentes complicaciones médicas u obstétricas (235,324). No se incluyeron aquellas que no tenían previsto dar a luz en el mismo hospital y que no estuvieron bajo seguimiento médico durante todo el embarazo.

Como mencionamos anteriormente, también se excluyó a las mujeres si tenían alguna condición médica grave (contraindicaciones) que les impidiera hacer ejercicio de manera segura (235) según las guías clínicas internacionales (Tabla 8).

Tabla 8. *Contraindicaciones para la práctica de ejercicio físico (235).*

Contraindicaciones absolutas	Contraindicaciones relativas
Enfermedad miocárdica activa	
Insuficiencia cardiaca	Hipertensión arterial esencial.
Cardiopatía reumática (clase II o superior)	Arritmias cardíacas o palpitaciones
Tromboflebitis	Historia de retraso del crecimiento intrauterino
Embolia pulmonar reciente	Historia del trabajo de parto prematuro
Enfermedad infecciosa aguda	Historia de abortos anteriores
Incompetencia cervical	Anemia u otros trastornos hematológicos
Embarazo múltiple	Enfermedad de tiroides
Sangrado genital	Diabetes mellitus
Rotura prematura de las membranas ovulares	Bronquitis crónica
Retraso del crecimiento intrauterino	Presentación podálica en el último trimestre del embarazo
Isoinmunización grave	Obesidad excesiva
Enfermedad hipertensiva grave	Delgadez extrema
Ausencia de control prenatal	Limitaciones ortopédicas
Sospecha de sufrimiento fetal	Problemas de accidente cerebrovascular
Riesgo de parto prematuro	

4.4. Cálculo del tamaño muestral y asignación aleatoria

Se utilizó como variable principal para el cálculo, el riesgo de sobrepeso/obesidad infantil. Los cálculos del tamaño muestral para el resultado primario (125,310,317) se basaron en estudios previos y utilizaron una prevalencia del 10% en el grupo de intervención y del 25% en el grupo control. Bajo estos supuestos, para detectar una reducción de aproximadamente el 15% de estos casos en el grupo de intervención (programa de ejercicio físico), una comparación de dos muestras (χ^2) con un nivel de significancia del 5% y un poder estadístico de 0,85 dio como resultado una población de estudio de 91 participantes en cada grupo. Suponiendo una tasa de abandono prevista del 20%, decidimos reclutar 140 participantes para cada uno de los grupos de estudio (Figura 20).

Para todo el proceso de aleatorización, así como para el almacenamiento y procesamiento de datos (325,326), se utilizó el software REDCap (Research Electronic Data Capture) establecido en la base de datos CESVIMA (Centro de Supercomputación y Visualización de Madrid). Se realizó una división arbitraria de los participantes del estudio utilizando una lista de números aleatorios en bloque, distribuyendo la muestra utilizando una proporción de asignación de 1:1 al grupo de intervención (GI) o al grupo de control (GC) diseñado por un investigador del grupo de trabajo.

El acceso al software REDCap para la aleatorización fue realizado por un profesional del hospital. Todas las asignaciones estaban cegadas al personal del hospital y de la universidad. La base de datos se encontró accesible a todos los miembros del estudio en el momento de la recopilación de datos. Los datos extraídos fueron obtenidos por la plataforma SELENE que gestiona todos los registros obstétricos del hospital y se almacenaron en la base de datos interna específica del proyecto.

4.5. Variables

La información registrada conservó datos del período pregestacional, perinatal, parto y posparto hasta el año de edad, se almacenó en redcap y se transfirió al software de datos Statistical Package

for Social Sciences (SPSS), versión 25.0. Las variables recogidas aparecen resumidas en la Tabla 9.

Tabla 9. Variables de estudio recogidas durante el embarazo y posparto.

VARIABLES RECOGIDAS	
PROCESO DE EMBARAZO Y PARTO	Maternas
	Edad materna al inicio del programa
	Peso previo al embarazo
	Altura
	Índice de Masa Corporal
	Ocupación laboral
	Tabaquismo antes del embarazo
	Tabaquismo durante el embarazo
	Paridad
	Abortos previos
	Etnia
	Edad gestacional en cada visita rutinaria
	Peso en cada visita rutinaria
	Ganancia de peso
	Diabetes gestacional
	Edad Gestacional en el momento parto
	Modo de parto
Feto y Recién nacido/a	
Sexo del bebé	
Peso de nacimiento	
Talla	
Perímetro cefálico	
Apgar 1 minuto	
Apgar 5 minutos	
pH del Cordón Umbilical	
Ingreso en la Unidad Neonatal de Cuidados Intensivos	
Tipo de lactancia	
POSTNATALES	Niño/a*
Peso	
Talla	
Perímetro cefálico	

*Datos obtenidos por medio del “Nuevo plan de atención al niño sano” (Servicio Madrileño de Salud. Gerencia de Atención Primaria. Comunidad de Madrid) en cada una de las visitas ordinarias hasta el primer año de vida.

4.5.1. Variable principal

Como resultado primario, el IMC del niño al mes, 2 meses, 4 meses, 6 meses y 12 meses después del nacimiento se estratificó como bajo peso (por debajo del percentil 5), peso normal (entre el percentil 5 y 85) y sobrepeso o riesgo alto de obesidad (por encima del percentil 85) (327).

Para obtener los percentiles para dividir la muestra se calculó el puntaje Z del IMC para la edad. Para ello, el IMC se calculó como el peso (kg) dividido por la talla (m)² teniendo en cuenta el sexo y la

edad del infante (328). Los puntos de corte del IMC en función de los percentiles según el BMI-Zscore se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10. Puntos de corte para la variable principal de estudio.

Variable (kg/m ²)	Sexo	Fuerte bajo peso	Bajo peso	Normopeso	Sobrepeso	Sobrepeso severo
		Percentil <5th	Percentil 5-85th	Percentil >85th		
IMC AL MES	Niño	10.0-12.3	12.3-13.5	13.5-16.2	16.2 -17.6	>17.6
	Niña	9.0-11.8	11.8-13.1	13.1-15.8	15.8-17.4	>17.4
IMC A LOS 2 MESES	Niño	11.0-13.6	13.6-14.8	14.8-17.6	17-6-19.2	>19.2
	Niña	10.0-12.9	12.9-14.2	14.2-17.2	17.2-18.8	>18.8
IMC A LOS 4 MESES	Niño	12.0-14.5	14.5-15.8	15.8-18.7	18.7-20.3	>20.3
	Niña	11.0-13.9	13.9-15.2	15.2-18.3	18.3-20.0	>20.0
IMC A LOS 6 MESES	Niño	12.0-14.7	14.7-16.0	16.0-18.8	18.8-20.5	>20.5
	Niña	12.0-14.1	14.1-15.5	15.5-18.5	18.5-20.2	>20.3
IMC A LOS 12 MESES	Niño	12.0-14.3	14.3-15.4	15.4-18.1	18.1-19.7	>19.7
	Niña	11.0-13.7	13.7-14.9	14.9-17.7	17.7-19.5	>19.5

4.5.2. Variables secundarias

Información descriptiva pregestacional: edad, paridad, aborto previo, ocupación, etnia, peso pregestacional, talla e índice de masa corporal (IMC) pregestacional y tabaquismo previo y durante el embarazo.

El IMC se calculó como el peso (kg) dividido por la altura (m)², y los individuos se clasificaron como bajo peso (IMC <18,5 kg/m²), peso normal (IMC ≥18,5 a 24,9 kg/m²), sobrepeso (IMC ≥25 a 29,9 kg/m²), y obesidad (IMC ≥30 kg/m²) (329).

Información perinatal: edad gestacional y peso materno en cada visita de cada trimestre, adherencia al ejercicio, diabetes gestacional y ganancia de peso gestacional parcial y final.

El aumento de peso gestacional se calculó con base en el peso previo al embarazo y el peso en el momento del ingreso para el parto. El aumento de peso gestacional se clasificó según las directrices (78) del Instituto de Medicina (IOM) de 2009.

El aumento excesivo de peso gestacional se consideró para las categorías de IMC previas al embarazo para cada participante; > 18 kg por insuficiencia de peso; > 16 kg para normal; > 11,5 kg para sobrepeso; y > 9 kg para obesos (78).

Información sobre el parto: modo de parto (vaginal o cesárea), tipo de parto (prematuro <37 semanas de gestación), sexo, peso al nacer, altura, IMC, perímetro cefálico, pH de la sangre del cordón umbilical, valores de Apgar (valoran la frecuencia cardíaca, el color, los reflejos, el tono muscular y el esfuerzo respiratorio del recién nacido) al 1 y 5 min, y los ingresos a la unidad neonatal de cuidados intensivos (UNCI).

Para el tipo de peso al nacer, el peso al nacer se estratificó por bajo peso al nacer como < 2.500 gr, peso adecuado al nacer entre 2.500 y 4.000 gr, macrosomía como > 4.000 gr (330). Teniendo en cuenta el ajuste del peso por edad gestacional al momento del parto, el peso por debajo del percentil 10 se define como pequeño para la edad gestacional (PEG), entre el percentil 10 y el percentil 90 como adecuado para la edad gestacional (AEG) y por encima del percentil 90 como grande para la edad gestacional (GEG).

Información posparto: se registró el tipo de lactancia materna (lactancia materna, artificial o mixta), peso, talla, perímetro cefálico e IMC al mes, 2 meses, 4 meses, 6 meses y 12 meses después del nacimiento.

4.6. Grupos de estudio

4.6.1. Grupo control

Todas las mujeres asignadas al GC recibieron su atención sanitaria obstétrica habitual en sus centros hospitalarios de referencia, incluidas recomendaciones estándar con consejos de actividad física o pautas nutricionales durante el embarazo, así como las del grupo intervención. Las visitas periódicas

al centro de atención médica fueron entre las semanas 8-12, 20-22, 26, 28, 35-36 y 41 (debido a una gestación cronológicamente prolongada). Asimismo, se realizaron otras visitas adicionales en caso de ser necesario. Para controlar su nivel de actividad física, se les preguntó sobre la cantidad de ejercicio una vez cada trimestre utilizando un “Algoritmo de Decisión” mediante REDCap (325,326). Si se registraban como excesivamente activas, las mujeres embarazadas eran excluidas del estudio.

Las preguntas incluidas en el “Algoritmo de Decisión” (244) se muestran en la figura 16. Para la interpretación del “Algoritmo de Decisión” se eliminaron las mujeres embarazadas del GC que alcanzaron el nivel b de estas tres preguntas.

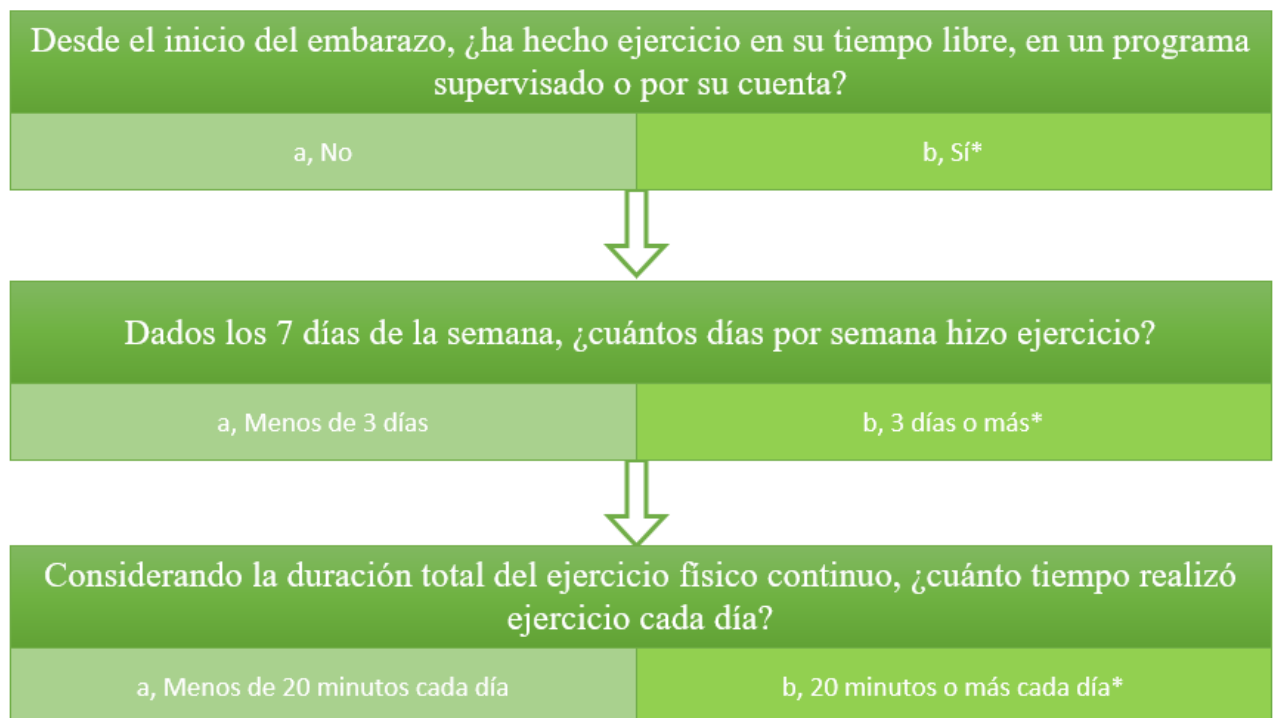


Figura 16. Algoritmo de decisión para gestantes excesivamente activas del grupo control (244).

4.6.2. Grupo Intervención

Las mujeres incluidas en el GI recibieron la atención habitual de sus profesionales de salud con el mismo número de visitas que las gestantes del GC y también recibieron pautas generales de nutrición y ejercicio físico. Además, las mujeres embarazadas del GI siguieron un programa de ejercicio virtual supervisado durante todo el embarazo con 3 sesiones semanales de 55-60 min de actividades

complementarias e interrelacionadas siguiendo un modelo metodológico; el Modelo Barakat (331) dividido en siete apartados específicos para cada trimestre del embarazo. Además, este programa de ejercicio físico ha sido diseñado en base a las guías clínicas internacionales (235-237).

El programa de ejercicios se dividió en dos formatos que incluían sesiones individuales y grupales.

- La primera modalidad consistió en una clase semanal con entrenamientos fácilmente grabados con indicaciones e información visual en una lista privada en Youtube.
- La segunda consistió en dos sesiones semanales de clases online supervisadas a través de la Plataforma de Vídeo (Zoom Video Communications Inc.). Las clases se impartieron en días separados en diferentes horarios, para facilitar los calendarios de los participantes sin posibilidad de realizar dos sesiones el mismo día.

Características generales (332):

- La adherencia mínima requerida fue del 80% del número total de clases. El control de asistencia a las sesiones fue registrado mediante la aplicación informática y evaluado mes a mes por el prestador de servicios de salud de los hospitales (Figura 17).



EVALUACIÓN DE ASISTENCIA			
	EDAD GESTACIONAL <20 SEMANAS	EDAD GESTACIONAL 20-30 SEMANAS	EDAD GESTACIONAL >30 SEMANAS
LLAMADA DE ATENCIÓN 	<70%	<70%	<70%
EXCLUSIÓN 	<55%	<60%	<65%

Figura 17. Protocolo de evaluación de asistencia (elaboración propia).

- Inicio: el inicio del programa fue entre las 8 y 11 semanas de gestación inmediatamente después de la primera ecografía prenatal, con el fin de rechazar Contraindicaciones Obstétricas para el ejercicio físico.
- Final: el programa finalizó entre la semana 37 y 41 de gestación.
- Número de sesiones: 75-80 sesiones.
- Frecuencia: 3 días a la semana (lunes, martes y jueves).
- Duración: 55-60 minutos.
- Agrupación: 20-22 mujeres embarazadas máximo en clases Zoom supervisadas por un especialista titulado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.
- Intensidad de la carga de trabajo: moderada. Para controlar la intensidad durante las sesiones se utilizaron dos mecanismos:
 - Frecuencia cardíaca materna (FCM) mediante un monitor personal (pulsómetro) o en modo manual, utilizando valores del 55-65 % de la FCM máxima calculada a partir de la fórmula de Karvonen (332). El cálculo se actualizó cada trimestre debido al cambio en la FCM en reposo a medida que avanza el embarazo. La FCM máxima se calculó mediante $220 - \text{edad}$ (333). La frecuencia cardíaca en reposo se midió realizando una media de 3 registros en días consecutivos recién despiertos.

FÓRMULA:

$$\text{FCM DE TRABAJO} = ((\text{FCM máxima} - \text{FCM en reposo}) \times (\% \text{ Intensidad} / 100)) + \text{FCM en reposo}$$

Antes de comenzar el programa, cada participante recibió instrucciones sobre cómo determinar el rango de frecuencia cardíaca. Durante los entrenamientos, entre las diferentes partes de la clase, la frecuencia cardíaca se registró mediante un monitor de frecuencia cardíaca o durante 10 segundos en la arteria carótida.

- La percepción del esfuerzo mediante la Escala de Calificación del Esfuerzo Percibido (334) de Borg, utilizando una percepción del esfuerzo de 12-14 (Algo Difícil) como resultado del ejercicio central completado (Figura 18). Asimismo, las mujeres fueron educadas en el uso de la Escala de Borg desde el inicio del programa. Al final de cada clase y aprovechando la charla final, se pidió a los participantes que indicaran su esfuerzo percibido durante el entrenamiento.

MUY MUY LIGERO	6 7
MUY LIGERO	8 9
LIGERO	10 11
REGULAR	12 13
PESADO	14 15
MUY PESADO	16 17
MUY MUY PESADO	18 19 20

Figura 18. Escala de Esfuerzo percibido de Borg (334).

PROGRAMA DE EJERCICIO

La estructura de la sesión se mantuvo durante los tres trimestres del embarazo, con modificaciones en la duración de los componentes según las necesidades específicas a lo largo del embarazo (Figura 19).

Desarrollo del programa de ejercicios.

El diseño del programa de ejercicio físico se apoyará en el Modelo Barakat (331) ya que son líneas de actuación básicas y seguras para garantizar el bienestar materno-fetal durante y después de la actividad física.

Consideraciones básicas:

- El ejercicio estaba programado para realizarse regularmente durante todo el embarazo, nunca ocasionalmente.
- Se evitaron puestos de trabajo en áreas de mayor sobrecarga por el proceso de embarazo.
- Se animó a las mujeres a consumir una cantidad adecuada de líquidos antes, durante y después de cada sesión.
- No se realizó ningún ejercicio con fiebre o alguna molestia o indisposición.
- Se evitó la fatiga agotadora y el sobre entrenamiento.
- Como regla general y para eliminar riesgos potenciales, se evitó lo siguiente:
 - Actividades con maniobra de Valsalva.
 - Temperaturas elevadas o ambientes muy húmedos para evitar la hipertermia (temperatura corporal superior a 38° C).
 - Saltos y movimientos bruscos y balísticos.
 - Posiciones de extrema tensión muscular evitando posiciones forzadas en los ejercicios o manteniendo excesivamente el tiempo de estiramiento.

Síntomas de la interrupción del ejercicio:

Para el control exhaustivo y seguridad de la práctica física, se identifican los siguientes síntomas como motivos del cese de la actividad, momentánea o definitivamente (331).

- Sangrado vaginal mínimo.
- Disnea previa al ejercicio.
- Vértigo. Dolor de cabeza.
- Dolor retroesternal (en la zona del pecho, detrás del esternón).
- Debilidad muscular.
- Dolor o hinchazón en la pantorrilla (para descartar tromboflebitis).
- Disminución de los movimientos fetales.
- Disminución de la cantidad de líquido amniótico.

Recursos:

El desarrollo del programa de ejercicio físico se realizó a través de clases online. Cada mujer realiza la sesión desde su casa y el profesor en una sala diferente (Universidad o propia casa). Los recursos materiales para realizar las clases en esta fase fueron: mancuernas de 1 a 2 kg, banda elástica de resistencia media-baja, colchoneta, fitball (adaptado a la altura de la mujer) y pelota de tenis. También se utilizaron materiales alternativos como: silla, mochila, palo de escoba, toalla o libros. Los espacios en los que se realiza la actividad cuentan con condiciones adecuadas para la práctica segura del ejercicio físico, con un rango de temperatura que osciló entre 20 °C y 22 °C (335) y humedad en torno al 40-45% y nunca superior al 60% (336) intentando mantener un adecuado sistema de ventilación.

Para todas las actividades se solicitó indumentaria deportiva específica que consistió en: Ropa cómoda, transpirable y adecuada para la práctica deportiva, sujetador deportivo, calzado deportivo cómodo y ajustado y botella de agua.

Estructura Global del Programa (Figura 19):

- Capacidad de resistencia aeróbica (RA)
- Fortalecimiento Muscular (FM)
- Coordinación y equilibrio postural (C/E)
- Estiramiento y Relajación (E/R)
- Entrenamiento del suelo pélvico (ESP)

Porcentajes de contenidos durante el programa					
Hasta la semana 20		Hasta la semana 30		Hasta la semana 38-39	
Resistencia aeróbica	40 %	RA	30 %	RA	25 %
Fortalecimiento muscular	30 %	FM	25 %	FM	25 %
Coordinación / Equilibrio postural	10 %	C/E	15 %	C/E	15 %
Estiramientos / Relajación	10 %	E/R	15 %	E/R	15 %
Suelo pélvico	10 %	ESP	15 %	ESP	20 %

Figura 19. Porcentajes de cada aspecto del programa basado en el Modelo Barakat (331).

Cada sesión se distribuyó en siete partes de la siguiente manera (331):

- *Activación-Calentamiento*: Durante 8-10 minutos se iniciaron ejercicios que involucran movimientos variados sin carrera ni actividades de impacto (saltos, caídas) a diferentes intensidades y trabajo de movilidad en las principales articulaciones.
- *Aeróbico*: Con una duración entre 20-25 minutos, se realizaron ejercicios aeróbicos de intensidad moderada a través de actividades recreativas con equipos deportivos (pelotas, cuerdas, palas) o coreografías de diferentes estilos musicales de bajo impacto.
- *Ejercicios de fuerza*: Esta parte consta de 10-12 minutos de ejercicios de acondicionamiento de fuerza con mancuernas (hasta 3 kg) y bandas elásticas adaptados a cada participante. Se realizaron ejercicios para trabajar todo el cuerpo: tren inferior (gemelos, cuádriceps, isquiotibiales, aductores, abductores), tren superior (músculos abdominales, pectorales, hombros y paravertebrales).
- *Coordinación y equilibrio*: Durante 5-7 minutos se realizaron tareas de coordinación ojo-mano y ojo-pie con material deportivo, así como ejercicios de equilibrio (estático y dinámico) en diferentes posiciones operativas (de pie o cuadrupedia) y diversas superficies de apoyo.
- *Entrenamiento de los músculos del suelo pélvico*: se realiza siguiendo los ejercicios de Kegel durante 5-10 min en cada sesión. Estos estaban compuestos por contracciones lentas de fibras tipo I (haciendo entre 2 y 3 series de 6 a 8 repeticiones y de 8 a 10 s cada repetición) y contracciones rápidas de fibras tipo II (haciendo 1 a 2 series de 6 a 8 repeticiones y haciendo 14-18 contracciones de 2 a 3 s cada repetición) de las diferentes estructuras de la musculatura del suelo pélvico (contracciones vaginales y anales). Se complementó con ejercicios de fortalecimiento de piernas como puente de glúteos, abducciones de cadera o rotaciones de cadera. Las contracciones se completaban aumentando la dificultad y variando las posiciones sobre una colchoneta, una silla o un fitball.

- *Vuelta a la calma*: Consistió en 5-10 minutos de descenso gradual de intensidad con ejercicios estáticos de estiramiento y relajación.
- *Charla final*. La fase final de 3-5 minutos se dedicó a discutir sobre los sentimientos y percepciones sobre la sesión de actividad física y sus propias experiencias diarias. Se centró en el intercambio de impresiones entre mujeres embarazadas como promotor de la calidad de vida.

4.7. Análisis estadístico

Se utilizó la versión 25.0 de IBM SPSS para Windows (IBM Corporation, Armonk, NY, EE. UU.).

El análisis de la normalidad se comprobó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Se utilizó la prueba de Chi-cuadrado de Pearson para comparar la paridad, abortos previos, ocupación, etnia, tabaquismo previo y durante el embarazo, número de participantes por subcategoría de IMC antes del embarazo, diabetes gestacional, aumento excesivo de peso gestacional, modo de parto, tipo de parto, sexo, tipo de peso al nacer, peso para la edad gestacional, ingresos a UNCI y tipo de lactancia materna entre el GI y el GC. En concreto, esta prueba se utilizó para determinar el número de casos de bajo peso, peso normal y sobrepeso al mes, 2 meses, 4 meses, 6 meses y 12 meses después del nacimiento entre los grupos de intervención y control. Para las variables con resultados significativos, el valor del tamaño del efecto se proporcionó mediante el estadístico V de Cramer.

Se utilizaron pruebas t independientes para evaluar las diferencias en edad materna, peso, altura, índice de masa corporal antes del embarazo, peso materno final, aumento de peso gestacional parcial y final, edad gestacional en cada visita de los tres trimestres del embarazo, peso al nacer. Se registraron talla, IMC neonatal, circunferencia de la cabeza, pH de la sangre del cordón umbilical, puntajes de Apgar al minuto 1 y 5, y peso, talla, circunferencia de la cabeza e IMC al mes, 2 meses, 4 meses, 6 meses y 12 meses después del nacimiento entre los grupos de intervención y control. Este

mismo análisis se realizó para las variables peso, talla, perímetro cefálico e IMC durante el primer año del infante, estratificado por sexo al nacer. El tamaño del efecto se mostró mediante el estadístico d de Cohen.

Se utilizaron regresiones logísticas binarias para evaluar la estimación del riesgo (razón de probabilidades (RM) de las admisiones a la UNCI en relación con GI y GC. Además, se empleó regresión logística multinomial para evaluar si diferentes categorías de IMC infantil (bajo peso, peso normal y sobrepeso) podrían estar asociadas con la participación o no en el programa de ejercicio físico. Además, se realizó un ANOVA de medidas repetidas para ver la evolución de IMC del infante durante el primer año entre el GI y GC.

Los datos de las variables continuas se muestran como medias y desviaciones típicas, y los de las variables categóricas como frecuencias y porcentajes. El nivel de significación estadística se fijó en $p < 0,05$.

5. RESULTADOS

5.1. Muestra del estudio

Un total de 460 mujeres fueron aleatorizadas y 180 fueron excluidas: 109 no cumplieron con los criterios de inclusión, 32 rechazaron ser incluidas en el estudio y 39 mujeres fueron descartadas por otras razones.

La muestra fue dividida en el grupo intervención ($n=140$) y grupo control ($n=140$). En el GI, 42 sujetos se perdieron de seguimiento, 20 mujeres tuvieron baja adherencia, 10 gestantes cambiaron de hospital y se contabilizaron 12 casos debido a otros motivos. En el GC, 48 mujeres se perdieron en el seguimiento: 5 tuvieron sangrado persistente, 18 cambiaron de hospital durante su embarazo y se registraron 25 pérdidas motivadas por otras causas. Finalmente, se analizaron 98 sujetos en el GI y 92 en el GC (Figura 20).

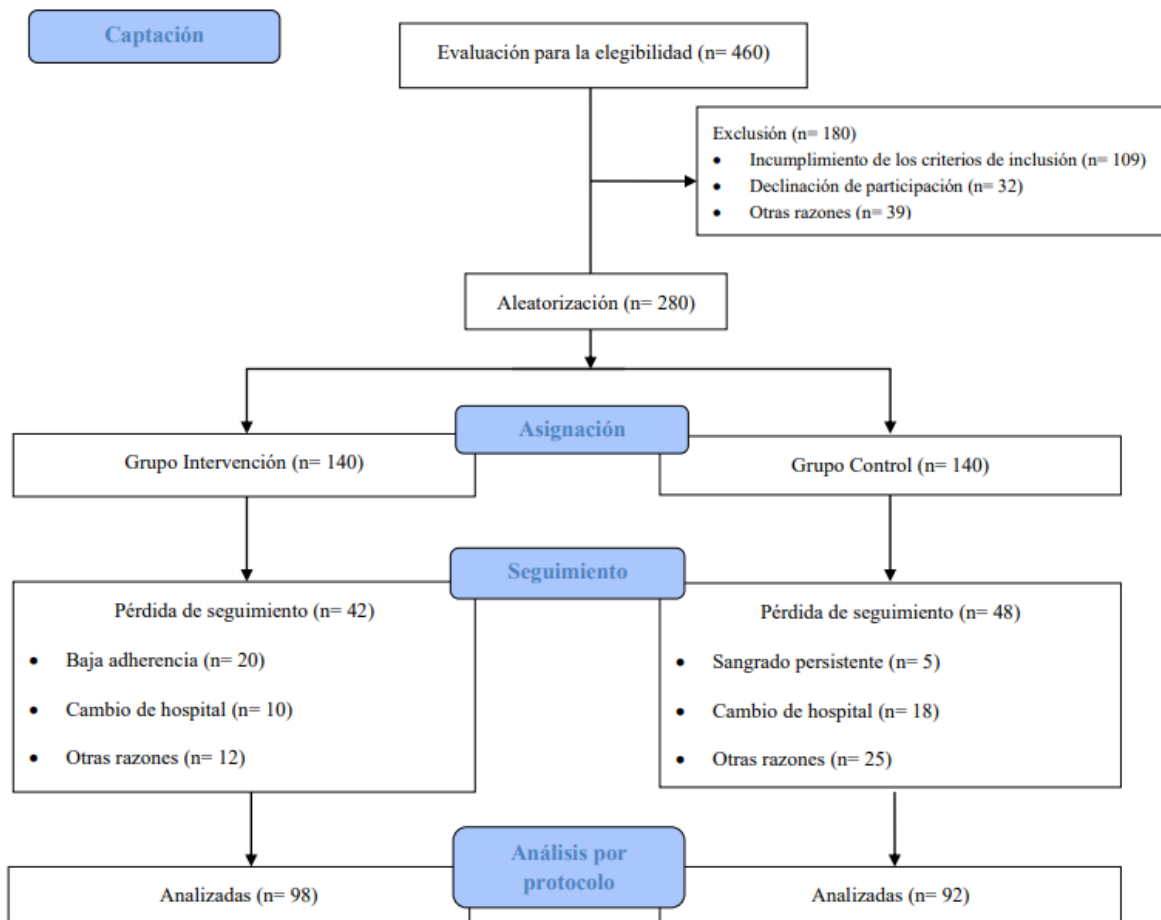


Figura 20. Diagrama de flujo de las participantes del estudio.

Atendiendo al análisis de datos por protocolo, la muestra varió en función de los datos perdidos en cada uno de los registros de la variable principal analizada, el IMC durante el primer año de vida:

- En el registro de datos del bebé en consulta del primer mes se obtuvieron 76 datos de bebés de las participantes del GI y 75 del GC.
- En el registro de datos del bebé en consulta del segundo mes se obtuvieron 74 datos de bebés de las participantes del GI y 73 del GC.
- En el registro de datos del bebé en consulta del cuarto mes se obtuvieron 70 datos de bebés de las participantes del GI y 72 del GC.
- En el registro de datos del bebé en consulta del sexto mes se obtuvieron 77 datos de bebés de las participantes del GI y 76 del GC.

- En el registro de datos del bebé en consulta de doce meses se obtuvieron 60 datos de bebés de las participantes del GI y 75 del GC.

5.2. Características maternas generales

La Tabla 11 muestra las características al inicio del estudio de las participantes embarazadas. Aunque el tabaquismo antes del embarazo no fue diferente entre grupos, sí se encontraron diferencias significativas ($\chi^2 (1) = 4,363$; $p = 0,037$, $V_c = 0,151$) en el tabaquismo durante el embarazo.

Tabla 11. Características maternas al inicio del estudio.

	GI (n = 98)	GC (n = 92)	p- valor
Edad (años)	34,53 ± 4,15	33,45 ± 5,24	0,122
Altura materna (m)	1,63 ± 0,06	1,63 ± 0,07	0,460
Peso materno (kg)	64,70 ± 3,25	67,55 ± 12,26	0,083
IMC (n/%)	24,35 ± 3,25	25,41 ± 4,35	0,072
< 18.5	4 / 4,1	3 / 3,6	
18.5 a 24.9	62 / 63,3	39 / 47,0	
25 a 29.9	24 / 24,5	28 / 33,7	0,129
> 30	8 / 8,2	13 / 15,5	
Paridad (n/%)			
0	77 / 78,6	62 / 67,4	
1	16 / 16,3	22 / 23,9	0,215
2 o más	5 / 5,1	8 / 8,7	
Tabaquismo antes del embarazo			
(n/%)			
No	63 / 65,6	55 / 61,1	0,523
Sí	33 / 34,4	35 / 38,9	
Tabaquismo durante el embarazo (n/%)			

No	94 / 94,0	78 / 84,8	0,037
Sí	6 / 6,0	14 / 15,2	
Etnia (n/%)			
Caucásica	88 / 89,8	73 / 79,3	0,105
Hispanoamericana	9 / 9,2	15 / 16,3	
Negra / magrebí	1 / 1,0	4 / 4,3	
Ocupación laboral (n/%)			
Trabajo activo	34 / 36,2	37 / 40,7	0,167
Trabajo sedentario	54 / 57,4	42 / 46,2	
Ama de casa	6 / 6,4	12 / 13,2	
Abortos previos (n/%)			
0	70 / 71,4	55 / 59,8	0,075
1	23 / 23,5	24 / 26,1	
2 o más	5 / 5,1	13 / 14,1	
Edad gestacional inicial (sem)	9,65 ± 1,57	9,17 ± 2,66	0,190

Los datos son expresados en media ± Desviación Típica, siempre y cuando no se indique lo contrario.

5.3. Características del recién nacido y bebé durante el primer año de vida

Se muestran en la tabla 12 las variables antropométricas del bebé durante el primer año tras el nacimiento sin encontrar diferencias significativas entre grupos.

Tabla 12. Variables antropométricas del bebé durante el primer año tras el nacimiento.

	GI (n = 98)	GC (n = 92)	p-valor
Peso 1 mes (kg)	3,92 ± 0,58	3,81 ± 0,62	0,318
Talla 1 mes (cm)	53,49 ± 2,42	53,01 ± 2,52	0,261
Perímetro cefálico 1 mes (cm)	36,66 ± 1,69	36,24 ± 1,51	0,123
Peso 2 mes (kg)	5,05 ± 0,68	5,13 ± 0,73	0,547
Talla 2 mes (cm)	57,53 ± 2,56	57,39 ± 2,19	0,744
Perímetro cefálico 2 mes (cm)	38,67 ± 1,52	38,92 ± 1,41	0,316
Peso 4 mes (kg)	6,45 ± 0,82	6,59 ± 0,95	0,341
Talla 4 mes (cm)	71,39 ± 3,48	63,32 ± 2,50	0,369
Perímetro cefálico 4 mes (cm)	41,40 ± 1,42	41,37 ± 1,49	0,908
Peso 6 mes (kg)	8,15 ± 5,86	8,31 ± 6,20	0,878
Talla 6 mes (cm)	60,61 ± 2,61	66,21 ± 7,78	0,687
Perímetro cefálico 6 mes (cm)	43,18 ± 1,38	43,05 ± 1,41	0,587
Peso 12 mes (kg)	9,31 ± 1,20	9,48 ± 1,10	0,428
Talla 12 mes (cm)	74,52 ± 3,67	73,62 ± 8,92	0,487
Perímetro cefálico 12 mes (cm)	45,79 ± 3,67	45,94 ± 1,72	0,682
IMC nacimiento (kg/m²)	12,80 ± 1,05	12,79 ± 1,33	0,979
IMC 1 mes (kg/m²)	13,69 ± 1,25	13,47 ± 1,42	0,315
IMC 2 mes (kg/m²)	15,14 ± 2,36	15,51 ± 1,57	0,291
IMC 4 mes (kg/m²)	16,11 ± 1,50	16,39 ± 1,67	0,314
IMC 6 mes (kg/m²)	16,76 ± 1,58	16,69 ± 1,59	0,770
IMC 12 mes (kg/m²)	16,57 ± 1,50	16,95 ± 1,52	0,180

Asimismo, no se encontraron diferencias significativas en el tipo de lactancia entre grupos en ninguno de los puntos de medida acordes con los registros de peso, talla y perímetro cefálico durante el primer año de vida (Tabla 13).

Tabla 13. Tipo de lactancia durante el primer año desde el nacimiento.

	GI (n = 98)	GC (n = 92)	p-valor
Lactancia 1 mes (n / %)			
Materna	56 / 71,8	44 / 62,0	
Artificial	8 / 10,3	7 / 9,9	0,326
Mixta	14 / 17,9	20 / 28,2	
Lactancia 2 mes (n / %)			
Materna	51 / 63,7	41 / 54,7	
Artificial	12 / 15,0	10 / 13,3	0,316
Mixta	17 / 21,3	24 / 32,0	
Lactancia 4 mes (n / %)			
Materna	50 / 66,7	39 / 56,5	
Artificial	12 / 16,0	9 / 13,0	0,180
Mixta	13 / 17,3	21 / 30,4	
Lactancia 6 mes (n / %)			
Materna	46 / 61,3	36 / 51,4	
Artificial	16 / 21,3	15 / 21,4	0,332
Mixta	13 / 17,3	19 / 27,1	
Lactancia 12 mes (n / %)			
Materna	33 / 44,0	26 / 37,1	
Artificial	29 / 38,7	30 / 42,9	0,700
Mixta	13 / 17,3	14 / 20,0	

A continuación, se pueden ver los resultados estratificados por sexo de nacimiento de las variables anteriormente expuestas en la tabla 12. No se encontraron diferencias significativas en ninguna variable entre el grupo intervención y el grupo control (Tabla 14 y 15).

Tabla 14. Variables antropométricas de niñas durante el primer año tras el nacimiento.

	GI (n = 56)	GC (n = 40)	p-valor
Peso 1 mes (kg)	3,89 ± 0,62	3,81 ± 0,61	0,556
Talla 1 mes (cm)	53,55 ± 2,58	52,92 ± 2,58	0,296
Perímetro cefálico 1 mes (cm)	36,65 ± 1,69	36,28 ± 1,41	0,307
Peso 2 mes (kg)	4,99 ± 0,67	5,04 ± 0,71	0,738
Talla 2 mes (cm)	57,47 ± 2,66	57,26 ± 2,03	0,696
Perímetro cefálico 2 mes (cm)	38,51 ± 1,49	38,77 ± 1,40	0,441
Peso 4 mes (kg)	6,34 ± 0,83	6,44 ± 1,00	0,631
Talla 4 mes (cm)	62,89 ± 2,71	62,92 ± 2,58	0,937
Perímetro cefálico 4 mes (cm)	41,24 ± 1,50	41,30 ± 1,48	0,869
Peso 6 mes (kg)	7,37 ± 1,00	8,90 ± 8,47	0,226
Talla 6 mes (cm)	66,54 ± 2,67	66,68 ± 2,42	0,805
Perímetro cefálico 6 mes (cm)	42,98 ± 1,48	42,99 ± 1,36	0,975
Peso 12 mes (kg)	9,26 ± 1,29	9,52 ± 1,20	0,398
Talla 12 mes (cm)	74,97 ± 2,70	74,58 ± 2,48	0,530
Perímetro cefálico 12 mes (cm)	45,46 ± 2,59	45,67 ± 1,77	0,704
IMC nacimiento (kg/m²)	12,81 ± 1,07	12,61 ± 1,10	0,370
IMC 1 mes (kg/m²)	13,60 ± 1,32	13,51 ± 1,50	0,779
IMC 2 mes (kg/m²)	14,94 ± 2,71	15,32 ± 1,52	0,456
IMC 4 mes (kg/m²)	15,89 ± 1,48	16,21 ± 1,73	0,394

IMC 6 mes (kg/m²)	16,60 ± 1,58	16,75 ± 1,51	0,674
IMC 12 mes (kg/m²)	16,42 ± 1,57	17,09 ± 1,78	0,103

Tabla 15. Variables antropométricas de niños durante el primer año tras el nacimiento.

	GI (n = 36)	GC (n = 44)	p-valor
Peso 1 mes (kg)	3,95 ± 0,53	3,81 ± 0,65	0,364
Talla 1 mes (cm)	53,41 ± 2,21	53,08 ± 2,54	0,605
Perímetro cefálico 1 mes (cm)	36,68 ± 1,71	36,16 ± 1,65	0,247
Peso 2 mes (kg)	5,16 ± 0,69	5,22 ± 0,76	0,754
Talla 2 mes (cm)	57,62 ± 2,45	57,55 ± 2,38	0,910
Perímetro cefálico 2 mes (cm)	38,93 ± 1,56	39,09 ± 1,41	0,680
Peso 4 mes (kg)	6,63 ± 0,77	6,78 ± 0,87	0,507
Talla 4 mes (cm)	76,41 ± 2,45	63,78 ± 2,43	0,338
Perímetro cefálico 4 mes (cm)	41,67 ± 1,23	41,49 ± 1,53	0,629
Peso 6 mes (kg)	9,49 ± 9,50	7,67 ± 1,05	0,302
Talla 6 mes (cm)	66,70 ± 2,55	65,63 ± 3,27	0,633
Perímetro cefálico 6 mes (cm)	43,51 ± 1,13	43,16 ± 1,49	0,315
Peso 12 mes (kg)	9,41 ± 1,02	9,50 ± 0,95	0,744
Talla 12 mes (cm)	73,63 ± 5,03	72,52 ± 4,32	0,724
Perímetro cefálico 12 mes (cm)	46,42 ± 0,99	46,31 ± 1,63	0,787
IMC nacimiento (kg/m²)	12,78 ± 1,02	12,98 ± 1,52	0,488
IMC 1 mes (kg/m²)	13,84 ± 1,13	13,41 ± 1,36	0,192
IMC 2 mes (kg/m²)	15,50 ± 1,57	15,73 ± 1,62	0,592
IMC 4 mes (kg/m²)	16,50 ± 1,48	16,64 ± 1,62	0,743

IMC 6 mes (kg/m²)	17,05 ± 1,58	16,67 ± 1,71	0,392
IMC 12 mes (kg/m²)	16,84 ± 1,34	16,88 ± 1,08	0,914

Tras realizar los cálculos del Índice de Masa Corporal estandarizado y categorizar en tres subgrupos en función de los percentiles científicamente validados (bajo peso, normopeso y sobrepeso) se encontraron diferencias significativas entre grupos en los diferentes registros durante el primer año de vida (Tabla 16). Se encontraron diferencias con mayores casos de sobrepeso en el grupo control en los registros del primer mes ($\chi^2(2) = 5,354; p = 0,023, Vc = 0,188$), segundo mes ($\chi^2(2) = 5,139; p = 0,038, Vc = 0,187$), cuarto mes ($\chi^2(2) = 4,931; p = 0,042, Vc = 0,183$), sexto mes ($\chi^2(2) = 5,738; p = 0,028, Vc = 0,194$) y a los doce meses tras el nacimiento ($\chi^2(2) = 7,230; p = 0,013, Vc = 0,231$).

Tabla 16. Frecuencias y porcentajes de subgrupos de IMC durante el primer año tras el nacimiento.

	GI (n = 98)	GC (n = 92)	p-valor
IMC 1 mes (n / %)			
Bajo peso	28 / 36,8	32 / 42,7	
Normopeso	46 / 60,5	35 / 46,7	0,023
Sobrepeso	2 / 2,6	8 / 10,7	
IMC 2 mes (n / %)			
Bajo peso	30 / 40,5	24 / 32,9	
Normopeso	39 / 52,7	35 / 47,9	0,038
Sobrepeso	5 / 6,8	14 / 19,2	
IMC 4 mes (n / %)			
Bajo peso	29 / 38,2	21 / 29,2	
Normopeso	42 / 55,3	38 / 52,8	0,042
Sobrepeso	5 / 6,6	13 / 18,1	

IMC 6 mes (n / %)			
Bajo peso	21 / 27,3	19 / 25,0	
Normopeso	48 / 62,3	38 / 50,0	0,028
Sobrepeso	8 / 10,4	19 / 25,0	
IMC 12 mes (n / %)			
Bajo peso	11 / 18,3	11 / 14,7	
Normopeso	41 / 68,3	39 / 52,0	0,013
Sobrepeso	8 / 13,3	25 / 33,3	

Tras realizar un ajuste ante las posibles variables de confusión iniciales, se terminó que las covariables excesiva ganancia de peso, diabetes gestacional y tabaquismo durante el embarazo no modificaron el efecto del factor en ninguno de los análisis ($F_{4,105} = 0,432$; $p = 0,785$). No se encontraron diferencias significativas entre grupos en la evolución de las puntuaciones de subgrupos de IMC ($F_{4,105} = 1,711$; $p = 0,153$).

Analizando los valores de IMC no se encuentran diferencias significativas tras fijar las variables en función del grupo de estudio ($F_{4,91} = 0,023$; $p = 0,880$), ni cuando estratificamos por sexos para las niñas ($F_{4,53} = 0,211$; $p = 0,648$) ni para los niños ($F_{4,30} = 1,839$; $p = 0,184$).

Utilizando los valores de sobrepeso infantil como referencia, el análisis de regresión logística multinomial mostró que los niños de las participantes del grupo de control tienen más probabilidades de empeorar las puntuaciones en todos los registros del índice de masa corporal en relación con el grupo intervención. De esta forma, al mes, 2 4, 6 y 12 meses la probabilidad de un niño o niña de tener sobrepeso es superior en el grupo control (Tabla 17).

Tabla 17. Análisis univariable y multivariable (regresión logística multinomial) para el riesgo de obesidad infantil en los grupos de estudio.

Variable	Grupo	N	Bajo peso		Normopeso		Sobrepeso / obesidad	
			OR	OR	OR	OR	Referencia	
			Crudo (95% IC)	Ajustado (95% IC)	Crudo (95% IC)	Ajustado (95% IC)		
IMC 1 MES	GI	28	3,50 (0,68-17,87)	2,50 (0,46-13,49)	46	5,26 (1,05-26,32)	3,73 (0,70-11,69)	2
	GC	32	$p = 0,132$	$p = 0,287$	35	$p = 0,043$	$p = 0,047$	8
IMC 2 MES	GI	30	3,50 (1,10-11,09)	3,09 (0,94-10,13)	39	3,12 (1,02-9,55)	2,77 (0,78-4,79)	5
	GC	24	$p = 0,033$	$p = 0,063$	35	$p = 0,046$	$p = 0,049$	14
IMC 4 MES	GI	29	3,59 (1,11-11,62)	3,71 (1,03-13,38)	42	2,98 (0,98-8,81)	2,91 (0,85-9,99)	5
	GC	21	$p = 0,033$	$p = 0,045$	38	$p = 0,045$	$p = 0,047$	13
IMC 6 MES	GI	21	2,62 (0,93-7,38)	2,50 (0,87-7,22)	48	3,00 (1,18-7,60)	2,49 (0,96-6,16)	8
	GC	19	$p = 0,067$	$p = 0,090$	38	$p = 0,020$	$p = 0,048$	19
IMC 12 MES	GI	11	3,12 (0,98-9,91)	3,16 (0,98-10,24)	41	3,28 (1,32-8,15)	2,87 (1,14-7,27)	8
	GC	11	$p = 0,053$	$p = 0,055$	39	$p = 0,010$	$p = 0,026$	25

Los datos están en riesgo de momios (RM) e intervalos de confianza (IC). El nivel de significación se encuentra en cada apartado de la tabla. Las variables de ajuste fueron el tabaquismo durante el embarazo, diabetes gestacional, ganancia final de peso y la edad gestacional en el momento del parto.

5.4. Características de nacimiento y recién nacido.

En la tabla 18 se exponen los resultados relativos a las variables neonatales del momento del parto. Se encontraron diferencias significativas en el tipo de parto, con mayores tasas de cesáreas en mujeres pertenecientes al grupo control (36,1% vs 15,2%) ($\chi^2 (2) = 13,107$; $p = 0,002$, $V_c = 0,273$).

En cuanto a parámetros estrictamente del recién nacido se encontraron puntuaciones significativamente mayores en Apgar 1 en el GI ($t_{171} = 2,709$; $p = 0,007$; $d = 0,393$). Relacionado con esto, se observó una menor incidencia de ingresos en la unidad de cuidados intensivos neonatal en el GI en relación con el GC ($\chi^2 (1) = 15,578$; $p = 0,000$, $V_c = 0,291$). En este análisis, la prevalencia de UNCI fue del 9,5% (9/98) en el grupo de intervención y del 33,0% (29/92) en el grupo de control (riesgo de momios [RM], 4,751; intervalo de confianza del 95% (IC: 2,098, 10,763; $p = 0,000$). Esto representa una reducción del 74% en la prevalencia de admisiones en la UNCI.

En cuanto al peso de nacimiento, no se encontraron diferencias significativas entre grupos de estudio ($p > 0,05$). Sin embargo, se encontraron diferencias significativas estratificando por grupos en función del tipo de peso de nacimiento, con mayores tasas de bajo peso de nacimiento (11,5% vs 4,4%) y macrosomía (9,2% vs 2,2%) en el grupo control ($\chi^2 (2) = 6,169$; $p = 0,021$, $V_c = 0,187$). De igual forma, atendiendo a la adecuación del tamaño en función de la edad gestacional, se encontraron bebés con un peso más adecuado para su edad gestacional en el grupo intervención en relación con el control (79,1% vs 64,0%) ($\chi^2 (2) = 5,598$; $p = 0,027$, $V_c = 0,178$).

Tabla 18. Variables de nacimiento y del recién nacido entre el GI y GC.

	GI (n = 98)	GC (n = 92)	p-valor
Peso de nacimiento (gr)	3191,49 ± 406,36	3187,64 ± 503,38	0,955
Talla (cm)	49,85 ± 2,01	49,77 ± 2,03	0,800
Perímetro cefálico (cm)	34,40 ± 1,38	34,48 ± 1,37	0,731
Apgar 1	8,96 ± 0,57	8,64 ± 0,96	0,007
Apgar 5	9,91 ± 0,35	9,80 ± 0,56	0,122
Ph cordón umbilical	7,24 ± 0,06	7,26 ± 0,06	0,045

Sexo (n/%)			
Hombre	37 / 40,2	44 / 51,8	
Mujer	55 / 59,8	41 / 48,2	0,123
Edad gestacional para el parto (n/%)			
A término ≥ 37 sem	87 / 90,6	78 / 90,7	
Pretérmino < 37 sem	9 / 9,4	8 / 9,3	0,987
Tipo de parto (n/%)			
Vaginal	78 / 84,8	53 / 63,8	
Cesárea	14 / 15,2	30 / 36,1	0,002
Tamaño para la edad gestacional (n/%)			
PEG	17 / 18,7	22 / 25,6	
AEG	72 / 79,1	55 / 64,0	
GEG	2 / 2,2	9 / 10,5	0,027
Peso de Nacimiento estratificado (n/%)			
Bajo < 2500 g	4 / 4,4	10 / 11,5	
Adecuado (2500-4000g)	85 / 93,4	69 / 79,3	
Macrosomía (> 4000 g)	2 / 2,2	8 / 9,2	0,021
UNCI (n/%)			
No	86 / 90,5	59 / 67,0	
Si	9 / 9,5	29 / 33,0	0,000

5.5. Características maternas relativas a la evolución del embarazo

En la tabla 19 se presenta la evolución de variables maternas durante el embarazo. Se observa un peso significativamente menor en la visita de la semana 20,03 ± 6,84 de gestación en el grupo intervención ($t_{136} = -2,439$; $p = 0,016$; $d = -0,354$), así como en la semana 28,79 ± 1,58 ($t_{134} = -3,357$; $p = 0,001$; $d = -0,487$) y al final del embarazo, específicamente en la semana 38,98 ± 1,48 ($t_{175} = -3,292$; $p = 0,002$; $d = -0,478$).

Además, se encontraron diferencias significativas en la ganancia final de peso materno entre el grupo intervención y el grupo control, el cual tiene ganancias significativamente mayores ($t_{172} = -2,072$; $p = 0,040$; $d = 0,031$). Ligado a esto, las excesivas ganancias de peso también se registraron de forma significativa en el grupo control (9,8%) con relación al grupo intervención (2%) ($\chi^2 (1) = 5,453$; $p = 0,020$, $V_c = 0,168$).

En cuanto a la evaluación de la aparición de la diabetes gestacional, en el grupo intervención se registró una menor incidencia de esta patología ($\chi^2 (1) = 4,685$; $p = 0,030$, $V_c = 0,159$).

Tabla 19. Variables maternas durante el embarazo.

	GI (n=98)	GC (n=92)	p-valor
Edad gestacional visita 1 (sem)	21,63 ± 5,47	18,45 ± 2,08	0,174
Peso materno visita 1 (kg)	65,09 ± 9,59	70,18 ± 14,77	0,018
Ganancia de peso visita 1 (kg)	3,34 ± 2,40	2,91 ± 4,06	0,455
Edad gestacional visita 2 (sem)	29,17 ± 1,60	28,41 ± 1,48	0,287
Peso materno visita 2 (kg)	68,92 ± 9,12	75,55 ± 13,46	0,001
Ganancia de peso visita 2 (kg)	7,71 ± 6,78	7,14 ± 3,30	0,525
Edad gestacional parto (sem)	38,99 ± 1,51	38,95 ± 1,44	0,847

Peso materno final (kg)	72,87 ± 9,40	78,69 ± 13,89	0,02
Ganancia de peso final (kg)	8,70 ± 4,65	10,32 ± 5,62	0,04
Ganancia de peso excesiva (n / %)			
No	99 / 98,0	83 / 90,4	
Si	2 / 2,0	9 / 9,8	0,020
Diabetes gestacional (n / %)			
No	91 / 92,9	76 / 82,6	
Si	7 / 7,1	16 / 17,4	0,030

5.6. Adherencia al programa de ejercicio y abandono del estudio

De las 98 participantes del GI, la asistencia promedio al programa fue del 84,01% ± 9,34 (alrededor de 75 sesiones). Específicamente, el 60,2% (n = 58) de las participantes asistió a más del 80,0 % de las sesiones.

Atendiendo a la pérdida de valores de seguimiento, no se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de mujeres gestantes que no completaron el estudio ($\chi^2 (1) = 0,589$; $p = 0,443$; $V_c = 0,046$) encontrando un 30% en el GI (n = 42) y un 34,3% en el GC (n = 48).

6. DISCUSIÓN

6.1. Objetivos generales

El objetivo principal del presente estudio se centró en examinar la influencia de un programa de ejercicio físico online y supervisado durante todo el embarazo en la situación de pandemia de COVID-19 sufrida desde principios de 2020 sobre el riesgo y las tasas de sobrepeso y obesidad infantil durante el primer año de vida.

De forma general, el ejercicio físico es asociado a multitud de beneficios de toda índole a nivel general y específicamente en la salud de la mujer gestante, feto, recién nacido e infante,

evolucionando desde las tradicionales recomendaciones del reposo absoluto a mantener un estilo de vida activo para un embarazo saludable.

De esta forma, mediante un análisis global, se ha podido determinar desde el punto de vista metodológico y científico la influencia de un agente sencillo y de acceso fácil como es un programa de ejercicio físico supervisado en las variables antropométricas del niño durante el primer año de vida, aspecto que no ha sido examinado en profundidad por la literatura científica existente previa (126,318,319,320).

En este sentido, las limitaciones impuestas por la situación de pandemia han complicado el mantenimiento de hábitos saludables durante todo el período de gestación. Esto afecta negativamente en la salud de las futuras generaciones, pudiendo derivar en multitud de comorbilidades y patologías asociadas durante la primera infancia, adolescencia o incluso en la edad adulta. Las limitaciones mediante confinamientos y restricciones de movilidad han supuesto un aumento de los comportamientos sedentarios y cambios en patrones alimentarios pudiendo afectar en la predisposición intergeneracional de la obesidad aumentando el círculo vicioso de esta enfermedad. Por lo tanto, la realización de programas de ejercicio físico supone un aumento del gasto calórico en situaciones de limitada actividad, así como un apoyo y soporte básico de entrenamiento grupal para sentir el apoyo entre las participantes del estudio, limitando la sensación de desamparo provocada por la pandemia que puede suponer en enfermedades y trastornos de índole psicológica que se ha visto que también pueden afectar de forma negativa a la salud de recién nacido (316).

Los hallazgos de esta novedosa investigación son soportados por escasa literatura científica en dicho campo a nivel de calidad y producción científica, no obstante, avalan que el ejercicio no solo no es perjudicial (331) sino que aporta beneficios para las futuras generaciones con un posible carácter epigenético (143, 161,162,295).

Finalmente, todo beneficio atribuido a la práctica estructurada y sistemática de ejercicio físico durante el embarazo para el recién nacido, así como, por supuesto, para el organismo materno fueron

objetivos complementarios de este trabajo. De esta forma, nos encontramos a lo largo del embarazo con menores ganancias de peso gestacional, menores diagnósticos de diabetes gestacional y menor práctica de cesáreas en el grupo intervención, evidenciando el potencial carácter preventivo del ejercicio físico. De igual forma, con relación al recién nacido, se encontraron pesos más adecuados de nacimiento, así como menos ingresos en la unidad de cuidados intensivos neonatal, experimentando de esta forma mejoras saludables con posible relación epigenética.

Por último, el ejercicio físico ha ayudado a mantener hábitos de vida saludables, como potenciados de nuevos hábitos, encontrando menor incidencia de tabaquismo durante el embarazo en el grupo de intervención, similar a otras investigaciones previas, por lo que puede ser una ayuda como elemento para limitar el consumo de sustancias tóxicas (281).

6.2. Desempeño de variables principales

El carácter online del trabajo es un plan de acción novedoso que permite acudir mayor número de participantes a las sesiones de entrenamiento. El principal hallazgo de este estudio fue una reducción del riesgo de sobrepeso infantil en los hijos de mujeres que realizaron ejercicio durante el embarazo. Por ello, los resultados expuestos anteriormente coinciden con la literatura científica previa y las especulaciones en modelos animales además de no producir efectos adversos para la descendencia (303,321,324).

De forma específica, mediante este trabajo de investigación se ha observado una disminución del riesgo de sobrepeso y obesidad infantil en las 5 mediciones diferentes a lo largo del primer año de vida del infante. Este análisis mediante las puntuaciones Z es útil para relacionar la morbilidad con el grado de obesidad y para el seguimiento de los efectos del tratamiento a corto y largo plazo (178).

El límite se establece en puntos de datos para un niño que cruzan las líneas percentiles en una curva de crecimiento rápidamente, o valores > 2 desviaciones típicas de la media, por lo que desviaciones superiores suponen valores negativos de crecimiento. Estos hallazgos son similares a la evidencia científica previa mediante otro tipo de estudios observacionales (125) y algún ECA (310) que

también encuentran asociación negativa entre la práctica de actividad física durante el embarazo y el riesgo de sobrepeso y obesidad infantil durante la infancia temprana.

En este sentido, analizando la variable principal ajustando el modelo a diferentes variables de confusión y habiendo limitado el cofactor del tipo de lactancia se observaron diferencias en el IMC en diferentes puntos de la etapa posparto. Las mujeres que realizaron ejercicio físico durante el embarazo tuvieron bebés con índices de masa corporal más saludables durante el primer año de vida, similar a la literatura previa (320).

6.3. Desempeño de variables secundarias

Por otro lado, se observó una disrupción entre grupos tanto en variables maternas, perinatales y del recién nacido.

Partiendo del estado del recién nacido nos encontramos menor número de macrosomías y bajos pesos de nacimiento, así como pesos más adecuados para la edad gestacional, menores ingresos en la UCIN tras el parto y mejores valores del Apgar 1 en el grupo intervención comparado con el grupo control, resultados similares con la literatura científica existente (281). Además, dentro de la gran multitud de aportaciones de los programas de ejercicio físico regular, adaptado a los innumerables cambios durante el período gestacional, este ECA se centró en realizar un programa supervisado durante todo el embarazo con foco específico en resultados posnatales.

Por último, hay que destacar que no se encontraron diferencias significativas en el peso, talla y perímetro cefálico durante el primer año de vida del infante, posiblemente motivado por el destacado número de casos de bajos pesos y de excesivos pesos registrados que suponen que la medida de tendencia central sea similar entre grupos. Se observa que los datos siguen la distribución similar a la recomendación de la OMS en cuanto a gráficas de crecimiento (180,181). En consecuencia, el ejercicio físico debería ser un elemento imprescindible de promoción de salud integral para madre, feto, recién nacido e infante. Cabe destacar que los datos en ambos grupos de estudio han sido

bastante óptimos, tanto para el GI como para el GC, pese a haber diferencias significativas y mejores resultados en el GI. Esto puede haber sido producido por el carácter educacional similar en ambos grupos de estudio, al proporcionar materiales didácticos y píldoras saludables en ambos grupos de del proyecto.

En cuanto a las variables maternas, se observaron menores ganancias de peso gestacional, menores pesos parciales a lo largo del embarazo, menores tasas de diabetes gestacional, menores ganancias excesivas de peso, menores tasas de tabaquismo durante el embarazo y menor número de cesáreas en el grupo intervención con respecto al control. Estos resultados concuerdan con lo expuesto en estudios previos similares (227, 235,244,273,310), potenciando el carácter preventivo del ejercicio físico durante el embarazo en diferentes resultados maternos que mal controlados pueden derivar en complicaciones.

De esta forma, con el propósito general de mantener un embarazo físicamente activo durante una época llena de dificultades para ello, el programa buscó alcanzar al mínimo la recomendación de las guías internacionales de realizar 150 minutos de actividad física moderada durante el embarazo mediante una propuesta de un programa online (235-237,325). De esta forma, la regularidad del programa de ejercicio físico es la piedra angular del estudio. Por ello, se podría valorar la particularidad de una menor adherencia en grupos de entrenamiento online, siendo un rechazo por parte de las participantes y limitando la adherencia. No obstante, la particularidad del programa de ejercicio físico según el modelo instaurado (332) supuso un extra de motivación y atractivo que no consiguen otro tipo de actividades, manteniendo una alta asistencia a las sesiones y cumpliendo objetivos de adherencia de las participantes.

6.4. Principales aportaciones para el conocimiento científico

El interés en esta rama de estudio radica en la importancia de asegurar la ausencia de causa-efecto negativa o asociación positiva entre el ejercicio físico regular durante el embarazo y la variable principal de estudio.

La adaptación a un periodo de incertidumbre ha sido el factor clave para mantener una intervención de calidad y rigor científico superando con creces las expectativas en cuanto al tamaño muestral obtenido. De igual forma, la realización de sesiones con materiales de fácil obtención ha hecho que sea muy asequible y menos limitantes para la población objeto de estudio.

El mayor hito de esta investigación se centra en la reducción del riesgo de sobrepeso infantil. Si a este hecho se suman los logros en otras variables secundarias durante el embarazo, parto y el año posterior tanto para madre como para recién nacido y niño, se puede ver que las características de este programa son un eje potencial de calidad para mantener la salud integral de ambos en la ecuación.

Atendiendo de forma específica a la adherencia, debido a su vital importancia en la efectividad de los beneficios de las intervenciones, limitar el estudio en una adherencia elevada por encima del 80% favorece la calidad de la intervención. Finalmente, la colaboración institucional multidisciplinar entre entidades recogiendo datos de registros hospitalarios con carácter científico, hace que el procesamiento y tratamiento de datos, así como la centralización de reclutamiento y aleatorización sea un punto clave que mejora la calidad de datos obtenidos.

7. CONCLUSIONS

- 1.** An online program of supervised physical exercise of moderate intensity carried out throughout pregnancy could help reduce the incidence of childhood overweight during the first year of life and therefore the risk of obesity.
- 2.** The regular practice of physical exercise throughout pregnancy is associated with significant improvements in neonatal outcomes, finding more adequate birth weights, babies with more appropriate morphology for gestational age, as well as higher Apgar 1 scores and a lower incidence of Admissions to the Neonatal Care Intensive Unit.
- 3.** The online moderate physical exercise program could act as a preventive agent of maternal complications during pregnancy, improving the control of maternal weight gain in the

different measurements of pregnancy as well as total weight gain and excessive gains weight, in addition to acting as a preventive agent in gestational diabetes.

4. A regular program of moderate-intensity physical exercise throughout pregnancy can reduce the risk of c-sections, in favor of vaginal births.
5. The developed program is safe for maternal-fetal health without producing negative effects on the other study variables.
6. The practice of regular and scheduled physical exercise during pregnancy could help in generating healthy habits, reducing the incidence of tobacco consumption during this period.
7. Adherence to an online physical exercise program throughout pregnancy appears to be similar to previous studies with face-to-face programs.

8. CONCLUSIONES

1. Un programa online de ejercicio físico supervisado de intensidad moderada llevado a cabo durante todo el embarazo puede ayudar en la reducción de la incidencia de sobrepeso infantil y por ende el riesgo de obesidad durante el primer año de vida.
2. La práctica regular de ejercicio físico durante todo el embarazo se asocia a mejoras significativas en los resultados neonatales encontrando pesos de nacimiento más adecuados, bebés con morfología más adecuada para la edad gestacional, así como puntuaciones más elevadas en Apgar 1 y menor incidencia de ingresos en la unidad de cuidados intensivos neonatales.
3. El programa de ejercicio físico moderado de carácter online puede actuar como un agente preventivo de complicaciones maternas durante el embarazo, mejorando el control de la ganancia de peso materno en las diferentes mediciones del embarazo, así como la ganancia de peso total y las excesivas ganancias de peso, además de actuar como agente preventivo en la diabetes gestacional.

4. Un programa regular de ejercicio físico de intensidad moderada durante todo el embarazo puede reducir el riesgo de cesáreas, a favor de los partos vaginales.
5. El programa desarrollado es seguro para la salud materno-fetal sin producir efectos negativos en las demás variables de estudio.
6. La práctica de ejercicio físico regular y pautado durante el embarazo puede servir de ayuda en la generación de hábitos saludables, disminuyendo la incidencia del consumo de tabaco durante este periodo.
7. La adherencia a un programa online de ejercicio físico durante todo el embarazo parece ser similar a estudios previos con programas presenciales.

9. LIMITACIONES Y FORTALEZAS DEL ESTUDIO

La principal limitación de esta investigación ha sido, como hemos vivido en estos años, las restricciones y obligada adaptación motivada por la pandemia del COVID-19, haciendo que el programa de intervención, fuente principal de los datos de este trabajo, se haya tenido que adaptar a modalidad online en vez de presencial. De esta forma, toda la sistematización de la información se hizo de forma online, con nueva metodología y organización. Igualmente, este hecho ha supuesto una adaptación tecnológica adicional para que las sesiones fuesen de calidad y que así el seguimiento y control de asistencia y registro de variables se pudo realizar sin mayor altercado.

Pese a la limitación de la presencialidad, el formato online permitió abarcar mayor número de gestantes por lo que la muestra fue mayor consiguiendo lograr los objetivos propuestos al principio del proyecto.

Otra limitación de este trabajo fue la pérdida de datos tras el embarazo. Muchos datos se perdieron por no tener el parto en el mismo hospital, cambiando de hospital. La recogida de variables ha sido muy complicada. Pese a estar todo registrado en la base de datos Selene del hospital y volcarlo y centralizarlo en el programa REDCap, el seguimiento posparto, la pérdida de muestra y compromiso

a posteriori del embarazo se hizo notable. De igual forma, el registro de variables del niño se recogió de forma fiable con los registros de consultas de pediatría. Al no seguir la misma metodología y cronología de registro en consultas de pediatría y no tener acceso a esa información la muestra fue inferior para el análisis. No obstante, esta problemática está lejos de nuestra anticipación.

De igual forma, pese a mejorar y reconocer las variables y principales factores de confusión sociodemográficos y homogeneizar entre ambos grupos de investigación no se puede controlar al 100% a la muestra. De igual forma, los factores nutricionales y patrones alimenticios de las gestantes no se registraron ni se reguló, aunque si se da la misma información de rutinas saludables alimentarias en las consultas obstétricas de seguimiento durante el embarazo. Una posibilidad plausible es el diseño de intervenciones holísticas que combinen ambas piezas del ámbito saludable. Es el primer estudio longitudinal basado en un ensayo clínico aleatorizado con un programa de ejercicio físico controlado para prevenir la obesidad infantil en los primeros años de vida que se sabe que tienen relación con el resto de los ciclos vitales.

La fortaleza más importante de este trabajo fue contar con un equipo transversal y multidisciplinar de profesionales del ámbito sanitario y deportivos. De esta forma se contó con el esfuerzo de ginecólogos/as, obstetras, profesionales de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, así como investigadoras internacionales, favoreciendo la comunicación y transmisión científica a diferentes niveles y con trabajo continuo diario. Esta forma de trabajo basada en sinergias es la piedra angular de cualquier pauta saludable con población gestante.

10. FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN

A partir de las conclusiones basadas en los resultados de esta investigación se puede especular con la idea de que la utilización de programas físicos promovidos desde el ámbito clínico dirigido por profesionales de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte es un recurso vital para mantener embarazos saludables. Una aplicación regular y generalizable de este tipo de programas en vez de un elemento puntual.

Otra futura línea de investigación en vista de los resultados obtenidos es la realización de programas de ejercicio preparto y posparto para llevar seguimiento y que sea un programa holístico de actividad física y elementos nutricionales que conciencien de la importancia de un posparto saludable e instaurar hábitos también para el recién nacido y brindarle las condiciones más óptimas de desarrollo. Otra línea de investigación interesante es el análisis más exhaustivo mediante el registro de pliegues cutáneos (validado científicamente) así como el desarrollo psicomotor basado en los 6 ítems de la OMS (sentarse, gatear, ponerse de pie...) y no centrarse solo en el elemento antropométrico basado en el peso, talla y perímetro cefálico. De igual forma, resulta interesante el análisis de la velocidad de crecimiento, no solo una descripción puntual del mismo. Por otro lado, la aplicación de otros test validados de crecimiento, así como registro de calidad de sueño del recién nacido pueden ser futuros estudios para llevar a cabo.

Esta línea de realizar la intervención junto con hábitos nutricionales es vital ya que tienen relación directa en la transmisión intergeneracional de la obesidad, por lo que intervenciones integrales pueden ser clave para mejorar los resultados. De igual forma hacer un diseño con otro tipo de profesionales de la salud que aborden las diferentes secciones de salud puede ser favorable.

Finalmente, aumentar el número de recursos de cualquier índole para realizar programas e intervenciones presenciales o un formato híbrido y facilitar la conciliación y mejorar la adherencia para la práctica de actividad física y favorecer que toda mujer pueda participar en sesiones de entrenamiento es necesario.

11. REFERENCIAS

1. Barakat R. Pregnancy. In: Mooren, F.-C. (Ed) Encyclopedia of Exercise Medicine in Health and Disease. Ed. Springer Berlin Heidelberg. 2012.

2. Khaire A, Wadhvani N, Madiwale S, Joshi S. Maternal fats and pregnancy complications: Implications for long-term health. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*. 2020 Jun;157:102098.
3. Ezcurdia Gurpegui M. Ejercicio físico y deportes durante el embarazo. In *Sociedad Española de Ginecología y Obstetricia. Grupo de trabajo sobre asistencia al embarazo normal. Sección de Medicina Perinatal, editor. Manual de asistencia al embarazo normal*. Madrid: Fabre González; 2001
4. Santos-Rocha R, editor. *Exercise and sporting activity during pregnancy: Evidence-based guidelines*. 1a ed. Basilea, Suiza: Springer International Publishing; 2019.
5. Pocock G, Richards CD. *Fisiología Humana. La base de la medicina*. Barcelona: Masson; 2005
6. Barakat R. (2006) *El ejercicio físico durante el embarazo*. Madrid: Ed Pearson Alhambra.
7. Borg-Stein J, Dugan SA, Gruber J. Musculoskeletal aspects of pregnancy. *Am J Phys Med Rehabil*. 2005;84(3):180–92
8. Artal R, Wiswell R, Drinkwater B. *Exercise in pregnancy*, 2nd ed. Baltimore: Williams and Wilkins; 1991
9. Barakat R, Perales M. Resistance Exercise in Pregnancy and Outcome. *Clin Obstet Gynecol*. 2016 Sep;59(3):591-9. doi: 10.1097/GRF.0000000000000213.
10. De Migue LJ, Sánchez M. Cambios fisiológicos y adaptación materna durante el embarazo [Spanish]. En : *Grupo de trabajo sobre asistencia al embarazo normal. Sección de Medicina Perinatal. Cap. 4. Sociedad Española de Ginecología y Obstetricia. Manual de asistencia al embarazo*
11. Foti T, Davids JR, Bagley A. A biomechanical analysis of gait during pregnancy. *J Bone Joint Surg Am*. 2000;82A(5):625–32

12. Rodacki CL, Fowler NE, Rodacki AL, Birch K. Stature loss and recovery in pregnant women with and without low back pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(4):507–12.
13. Segal NA, Chu SR. Musculoskeletal anatomic, gait, and balance changes in pregnancy and risk for falls. In: Fitzgerald CM, Segal NA, editors. *Musculoskeletal health in pregnancy and postpartum: an evidence-based guide for clinicians.* Cham: Springer; 2015. p. 1–18.
14. Whitcome KK, Shapiro LJ, Lieberman DE. Fetal load and the evolution of lumbar lordosis in bipedal hominins. *Nature.* 2007;450(7172):1075–U11.
15. Wang SM, Dezinno P, Maranets I, Berman MR, Caldwell-Andrews AA, Kain ZN. Low back pain during pregnancy: prevalence, risk factors, and outcomes. *Obstet Gynecol.* 2004;104(1):65–70
16. Gutke A, Ostgaard HC, Oberg B. Predicting persistent pregnancy-related low back pain. *Spine (Phila Pa 1976).* 2008;33(12):E386–93.
17. Cunningham FG, Leveno KJ, Bloom SL, Hauth JC, Rouse DJ, Spong CY, editors. *Williams obstetrics.* 23rd ed. New York: McGraw-Hill; 2010. p.
18. Jang J, Hsiao KT, Hsiao-Wecksler ET. Balance (perceived and actual) and preferred stance width during pregnancy. *Clin Biomech.* 2008;23(4):468–76
19. Karadag-Saygi E, Unlu-Ozkan F, Basgul A. Plantar pressure and foot pain in the last trimester of pregnancy. *Foot Ankle Int.* 2010;31(2):153–7.
20. Vullo VJ, Richardson JK, Hurvitz EA. Hip, knee, and foot pain during pregnancy and the postpartum period. *J Fam Pract.* 1996;43:63
21. Forczek W, Staszkiwicz R. Changes of kinematic gait parameters due to pregnancy. *Acta Bioeng Biomech.* 2012;14(4):113–9

22. Hagan L, Wong CK. Gait in pregnant women: spinal and lower extremity changes from pre- to postpartum. *J Women's Health Phys Ther.* 2010;34(2):46–56.
23. Gilleard WL. Trunk motion and gait characteristics of pregnant women when walking: report of a longitudinal study with a control group. *BMC Pregnancy Childbirth.* 2013;13:71
24. Carpes F, Griebeler D, Kleinpaul J, Mann L, Mota C. Women able-bodied gait kinematics during and post pregnancy period. *Braz J Biomech.* 2008;9(16):33–9.
25. Branco M, Santos-Rocha R, Aguiar L, Vieira F, Veloso AP. Kinematic analysis of gait in the second and third trimesters of pregnancy. *J Pregnancy.* 2013;2013:718095.
26. Blaszczyk JW, Opala-Berdzik A, Plewa M. Adaptive changes in spatiotemporal gait characteristics in women during pregnancy. *Gait Posture.* 2016;43:160–4.
27. Aguiar L, Santos-Rocha R, Vieira F, Branco M, Andrade C, Veloso A. Comparison between overweight due to pregnancy and due to added weight to simulate body mass distribution in pregnancy. *Gait Posture.* 2015;42(4):511–7
28. Hong Y, Bartlett R. *Routledge handbook of biomechanics and human movement science.* London: Routledge; 2010. p. xi, 606
29. Moccellini AS, Driusso P. Adjustments in static and dynamic postural control during pregnancy and their relationship with quality of life: a descriptive study. *Fisioterapia.* 2012;34(5):196–202.
30. Gimunova M, Kasović M, Zvonar M, Turčinek P, Matković B, Ventruba P, et al. Analysis of ground reaction force in gait during different phases of pregnancy. *Kinesiology (Zagreb).* 2015;47(2):236–41.

31. Branco M, Santos-Rocha R, Aguiar L, Vieira F, Veloso AP. Kinetic analysis of gait in the second and third trimesters of pregnancy. *J Mech Med Biol.* 2016;16(4):1–12
32. Branco M, Santos-Rocha R, Vieira F, Aguiar L, Veloso AP. Three-dimensional kinetic adaptations of gait throughout pregnancy and postpartum. *Scientifica (Cairo).* 2015;2015(2015):580374.
33. LyMBERY JK, GilLEARD W. The stance phase of walking during late pregnancy – temporospatial and ground reaction force variables. *J Am Podiat Med Assn.* 2005;95(3):247–53.
34. Nyska M, Sofer D, Porat A, Howard CB, Levi A, Meizner I. Planter foot pressures in pregnant women. *Israel J Med Sci.* 1997;33(2):139–46.
35. Goldberg J, Besser MP, Selby-Silverstein L. Changes in foot function throughout pregnancy. *Obstet Gynecol.* 2001;97(4):S39
36. Bertuit J, Leyh C, Rooze M, Feipel V. Plantar pressure during gait in pregnant women. *J Am Podiat Med Assn.* 2016;106(6):398–405.
37. Gaymer C, Whalley H, Achten J, Vatish M, Costa ML. Midfoot plantar pressure significantly increases during late gestation. *Foot.* 2009;19(2):114–6.
38. Karadag-Saygi E, Unlu-Ozkan F, Basgul A. Plantar pressure and foot pain in the last trimester of pregnancy. *Foot Ankle Int.* 2010;31(2):153–7.
39. Ramachandra P, Kumar P, Kamath A, Maiya AG. Do structural changes of the foot influence plantar pressure patterns during various stages of pregnancy and postpartum? *Foot Ankle Spec.* 2017;10(6):513–9.
40. Elsayed E, Devreux I, Embaby H, Alsayed A, Alshehri M. Changes in foot plantar pressure in pregnant women. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2017;30(4):863–7

41. Ribeiro AP, Trombini-Souza F, Sacco IDN, Ruano R, Zugaib M, Joao SMA. Changes in the plantar pressure distribution during gait throughout gestation. *J Am Podiat Med Assn.* 2011;101(5):415–23.
42. Melchiorre K, Sharma R, Thilaganathan B. Cardiac structure and function in normal pregnancy. *Curr Opin Obstet Gynecol.* 2012;24(6):413–21
43. Duvkot JJ, Cheriex EC, Pieters FA, et al. Early pregnancy changes in hemodynamics and volume homeostasis are consecutive adjustments triggered by a primary fall in systemic vascular tone. *Am J Obstet Gynecol* 1993;169:1382–92.
44. Clapp JF III, Capeless E. Cardiovascular function before, during, and after the first and subsequent pregnancies. *Am J Cardiol* 1997;80:1469–73.
45. Turan OM, De Paco C, Kametas N, Khaw A, Nicolaides KH. Effect of parity on maternal cardiac function during the first trimester of pregnancy. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2008;32(7):849–54.
46. Dagher FJ, Lyons JH, Finlayson DC, Shamsai J, Moore FD. Blood volume measurement: a critical study prediction of normal values: controlled measurement of sequential changes: choice of a bedside method. *Adv Surg.* 1965;1:69–109
47. Kametas NA, McAuliffe F, Cook B, Nicolaides KH, Chambers J. Maternal left ventricular transverse and long-axis systolic function during pregnancy. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2001;18(5):467–74.
48. Geva T, Mauer MB, Striker L, Kirshon B, Pivarnik JM. Effects of physiologic load of pregnancy on left ventricular contractility and remodeling. *Am Heart J.* 1997;133(1):53–9.
49. Thornburg KL, Jacobson SL, Giraud GD, Morton MJ. Hemodynamic changes in pregnancy. *Semin Perinatol.* 2000;24(1):11–4.

50. Gilson GJ, Samaan S, Crawford MH, Qualls CR, Curet LB. Changes in hemodynamics, ven- tricular remodeling, and ventricular contractility during normal pregnancy: a longitudinal study. *Obstet Gynecol.* 1997;89(6):957–62.
51. Hall ME, George EM, Granger JP. The heart during pregnancy. *Rev Esp Cardiol.* 2011;64(11):1045–50
52. Atkins AF, Watt JM, Milan P, Davies P, Crawford JS. A longitudinal study of cardiovascular dynamic changes throughout pregnancy. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 1981;12(4):215–24.
53. Mesa A, Jessurun C, Hernandez A, et al. Left ventricular diastolic function in normal human pregnancy. *Circulation.* 1999;99(4):511–7.
54. Mabie WC, DiSessa TG, Crocker LG, Sibai BM, Arheart KL. A longitudinal study of cardiac output in normal human pregnancy. *Am J Obstet Gynecol.* 1994;170(3):849–56
55. Mashini IS, Albazzaz SJ, Fadel HE, et al. Serial noninvasive evaluation of cardiovascular hemodynamics during pregnancy. *Am J Obstet Gynecol.* 1987;156(5):1208–13.
56. Robson SC, Hunter S, Boys RJ, Dunlop W. Serial study of factors influencing changes in car- diac output during human pregnancy. *Am J Physiol.* 1989;256(4 Pt 2):H1060–5.
57. Valensise H, Novelli GP, Vasapollo B, et al. Maternal cardiac systolic and diastolic function: relationship with uteroplacental resistances. A Doppler and echocardiographic longitudinal study. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2000;15(6):487–97.
58. Sociedad Europea de cardiologia (ESC). Guía de práctica clínica de la ESC para el tratamiento de las enfermedades cardiovasculares durante el embarazo [Spanish]. *Rev Esp Cardiol.* 2012;65(2):171. e1–e44

59. Savu O, Jurcut R, Giusca S, et al. Morphological and functional adaptation of the maternal heart during pregnancy. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2012;5(3):289–97
60. Novelli GP, Valensise H, Vasapollo B, et al. Left ventricular concentric geometry as a risk factor in gestational hypertension. *Hypertension*. 2003;41(3):469–75.
61. Schannwell CM, Zimmermann T, Schneppenheim M, Plehn G, Marx R, Strauer BE. Left ventricular hypertrophy and diastolic dysfunction in healthy pregnant women. *Cardiology*. 2002;97(2):73–8
62. Villaverde Fernandez S, Rodriguez Melcon A, Villaverde Baron S. Modificaciones de la sangre en el embarazo. Cambios circulatorios y respiratorios. Alteraciones de los sistemas digestivos y urinarios. Sistema óseo y dientes. Cambios en la piel. Otras modificaciones. En: Tratado de Ginecología, Obstetricia y Medicina de la Reproducción [Spanish]. Tomo 1. Ed. Panamericana. Sociedad Española de Ginecología y Obstetricia: Madrid; 2003.
63. Alaily AB, Carrol KB. Pulmonary ventilation in pregnancy. *Br J Obstet Gynecol*. 1978;85:518–24
64. Banti S, Mauri M, Oppo A, Borri C, Rambelli C, Ramacciotti D, et al. From the third month of pregnancy to 1 year postpartum. Prevalence, incidence, recurrence, and new onset of depression. Results from the Perinatal Depression–Research & Screening Unit study. *Comprehensive psychiatry*. 2011;52(4):343-51.
65. Cooper PJ, Murray L. Postnatal depression. *BMJ (Clinical research ed)*. 1998;316(7148):1884-6.
66. Downs DS, DiNallo JM, Kirner TL. Determinants of pregnancy and postpartum depression: prospective influences of depressive symptoms, body image satisfaction, and exercise behavior. *Annals of behavioral medicine : a publication of the Society of Behavioral Medicine*. 2008;36(1):54-63.

67. Sexton MB, Flynn HA, Lancaster C, Marcus SM, McDonough SC, Volling BL, et al. Predictors of recovery from prenatal depressive symptoms from pregnancy through postpartum. *Journal of women's health* (2002). 2012;21(1):43-9. Epub 2011/11/09
68. Marín-Morales D, Monge FC. Personality P-PC. depressive symptoms during pregnancy and their influence on postnatal depression in Spanish pregnant Spanish women. *Anales de Psicología*. 2014;30:908-15
69. Andrews-Fike C. A Review of Postpartum Depression. Primary care companion to the *Journal of clinical psychiatry*. 1999;1(1):9-14. Epub 2004/03/12. 17.
70. O'Hara MW, McCabe JE. Postpartum depression: current status and future directions. *Annual review of clinical psychology*. 2013;9:379-407.
71. Bjelica A, Cetkovic N, Trinic-Pjevic A, Mladenovic-Segedi L. The phenomenon of pregnancy - a psychological view. *Ginekol Pol*. 2018;89(2):102-106. doi: 10.5603/GP.a2018.0017. PMID: 29512815.
72. Cunningham M, Zayas LH. Reducing depression in pregnancy: designing multimodal interventions. *Social work*. 2002;47(2):114-23.
73. Daley AJ, Macarthur C, Winter H. The role of exercise in treating postpartum depression: a review of the literature. *Journal of midwifery & women's health*. 2007;52(1):56-62. Epub 2007/01/09. 22. Marcus SM, Flynn HA. Depression, antidepressant medication, and functioning outcomes among pregnant women. *International journal of gynaecology and obstetrics: the official organ of the International Federation of Gynaecology and Obstetrics*. 2008;100(3):248- 51.
74. Marcus SM, Flynn HA. Depression, antidepressant medication, and functioning outcomes among pregnant women. *International journal of gynaecology and obstetrics: the official organ of the International Federation of Gynaecology and Obstetrics*. 2008;100(3):248- 51. Epub 2007/11/17

75. Flynn HA, O'Mahen HA, Massey L, Marcus S. The impact of a brief obstetrics clinic-based intervention on treatment use for perinatal depression. *Journal of women's health* (2002). 2006;15(10):1195-204. Epub 2007/01/04. 27.
76. Barakat R, Perales M, Garatachea N, Ruiz JR, Lucia A. Exercise during pregnancy. A narrative review asking: what do we know? *Br J Sports Med*. 2015;49(21):1377–81.
77. Dalfrà' MG, Burlina S, Lapolla A. Weight gain during pregnancy: A narrative review on the recent evidences. *Diabetes Res Clin Pract*. 2022 Jun;188:109913. doi: 10.1016/j.diabres.2022.109913.
78. Institute of Medicine (US) and National Research Council (US). Committee to Reexamine IOM Pregnancy Weight Guidelines. *Weight Gain During Pregnancy: Reexamining the Guidelines*; National Research Council: Washington, DC, USA, 2009.
79. Tchernof A, Despres JP. Pathophysiology of human visceral obesity: an update. *Physiol Rev*. 2013;93(1):359–404
80. Boden G. Role of fatty acids in the pathogenesis of insulin resistance and NIDDM. *Diabetes*. 1997;46(1):3–10.
81. Koska J, Stefan N, Permana PA, Weyer C, Sonoda M, Bogardus C, et al. Increased fat accumulation in liver may link insulin resistance with subcutaneous abdominal adipocyte enlargement, visceral adiposity, and hypoadiponectinemia in obese individuals. *Am J Clin Nutr*. 2008;87(2):295–302
82. ACSM. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 10th Revised ed. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer; 2017. p. 480
83. Swinburn BA, Kraak VI, Allender S, Atkins VJ, Baker PI, Bogard JR, Brinsden H, Calvillo A, De Schutter O, Devarajan R, Ezzati M, Friel S, Goenka S, Hammond RA, Hastings G, Hawkes C, Herrero M, Hovmand PS, Howden M, Jaacks LM, Kapetanaki

AB, Kasman M, Kuhnlein HV, Kumanyika SK, Larijani B, Lobstein T, Long MW, Matsudo VKR, Mills SDH, Morgan G, Morshed A, Nece PM, Pan A, Patterson DW, Sacks G, Shekar M, Simmons GL, Smit W, Tootée A, Vandevijvere S, Waterlander WE, Wolfenden L, Dietz WH. The Global Syndemic of Obesity, Undernutrition, and Climate Change: The Lancet Commission report. *Lancet*. 2019 Feb 23;393(10173):791-846. doi: 10.1016/S0140-6736(18)32822-8. Epub 2019 Jan 27. Erratum in: *Lancet*. 2019 Feb 23;393(10173):746. PMID: 30700377.

84. Collaboration NRF 2016 Trends in adult body-mass index in 200 countries from 1975 to 2014: a pooled analysis of 1698 populationbased measurement studies with 19.2 million participants. *Lancet* 387 1377–1396. ([https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30054-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30054-X))

85. World Health Organization. Obesity and Overweight. 2016. Available from: https://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/over_weight/en/. [Accessed December 3, 2022]

86. Suliga E, Rokita W, Adamczyk-Gruszka O, Pazera G, Cieśła E, Głuszek S. Factors associated with gestational weight gain: a cross-sectional survey. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2018 Dec 3;18(1):465. doi: 10.1186/s12884-018-2112-7. PMID: 30509248; PMCID: PMC6276162.

87. Bray G. Overweight, mortality, and morbidity. In: Bouchard C, editor. *Physical activity and obesity*. Champaign, IL: Human Kinetics; 2000. p. 31–54.

88. Widen EM, Gallagher D. Body composition changes in pregnancy: measurement, predictors and outcomes. *Eur J Clin Nutr*. 2014;68(6):643–52.

89. Vague J. Importance of the measurement of fat distribution in pathology. *Bull Mem Soc Med Hop Paris*. 1950;66(31–32):1572–4.

90. Vague J. The degree of masculine differentiation of obesities: a factor determining pre- disposition to diabetes, atherosclerosis, gout, and uric calculous disease. *Am J Clin Nutr.* 1956;4(1):20–34
91. Canoy D, Boekholdt SM, Wareham N, Luben R, Welch A, Bingham S, et al. Body fat dis- tribution and risk of coronary heart disease in men and women in the European Prospective Investigation Into Cancer and Nutrition in Norfolk cohort: a population-based prospective study. *Circulation.* 2007;116(25):2933–43.
92. Silva-Jose C, Sánchez-Polán M, Barakat R, Díaz-Blanco Á, Carrero Martínez V, García Benasach F, Alzola I, Mottola MF, Refoyo I. Exercise throughout Pregnancy Prevents Excessive Maternal Weight Gain during the COVID-19 Pandemic: A Randomized Clinical Trial. *J Clin Med.* 2022 Jun 13;11(12):3392. doi: 10.3390/jcm11123392.
93. Cerqueira M. Metabolismo en el embarazo. Modificaciones endocrinas. Modificaciones psíquicas. En: *Tratado de Ginecología, Obstetricia y Medicina de la Reproducción [Spanish]. Tomo 1. Sociedad Española de Ginecología y Obstetricia. Ed. Panamericana; 2003*
94. Widen EM, Factor-Litvak PR, Gallagher D, Paxton A, Pierson RN, Heymsfield SB, et al. The pattern of gestational weight gain is associated with changes in maternal body composition and neonatal size. *Matern Child Health J.* 2015;19(10):2286–94
95. Rossner S, Bo WJ, Hiltbrandt E, Hinson W, Karstaedt N, Santago P, et al. Adipose tissue determinations in cadaversDOUBLEHYPHENa comparison between cross-sectional pla- nimetry and computed tomography. *Int J Obes.* 1990;14(10):893–902.
96. Abate N, Burns D, Peshock RM, Garg A, Grundy SM. Estimation of adipose tissue mass by magnetic resonance imaging: validation against dissection in human cadavers. *J Lipid Res.* 1994;35(8):1490–6.

97. Olson CM, Strawderman MS, Dennison BA. Maternal weight gain during pregnancy and child weight at age 3 years. *Matern Child Health J.* 2009; 13:839–846. [PubMed: 18818995]
98. Butler CL, Williams MA, Sorensen TK, Frederick IO, Leisenring. WM relation between maternal recreational physical activity and plasma lipids in early pregnancy. *Am J Epidemiol.* 2004;160:350–9
99. Clark E, Isler C, Strickland D, McMillan AG, Fang X, Kuehn D, Ravisankar S, Strom C, May LE. Influence of aerobic exercise on maternal lipid levels and offspring morphometrics. *Int J Obes (Lond).* 2019 Mar;43(3):594-602. doi: 10.1038/s41366-018-0258-z. Epub 2018 Nov 21. PMID: 30464234.
100. Berenson GS, Bogalusa Heart Study Investigators. Bogalusa Heart Study: a long-term community study of a rural biracial (Black/White) population. *Am J Med Sci.* 2001; 322, 293–300.
101. Davis PH, Dawson JD, Riley WA, Lauer RM. Carotid intimal-medial thickness is related to cardiovascular risk factors measured from childhood through middle age: The Muscatine Study. *Circulation.* 2001; 104, 2815–2819.
102. Raitakari OT, Juonala M, Ronnema T, et al. Cohort profile: the cardiovascular risk in Young Finns Study. *Int J Epidemiol.* 2008; 37, 1220–1226.
103. Barker DJP. The origins of the developmental origins theory. *J Intern Med.* 2007; 261, 412–417.
104. Wadhwa P, Buss C, Entringer S, Swanson J. Developmental origins of health and disease: brief history of the approach and current focus on epigenetic mechanisms. *Semin Reprod Med.* 2009; 27, 358–368.
105. Bateson P, Barker D, Clutton-Brock T, et al. Developmental plasticity and human health. *Nature.* 2004; 430, 419–421.

106. Gluckman PD, Hanson MA. Living with the past: evolution, development, and patterns of disease. *Science*. 2004; 305, 1733–1736
107. Geserick M, Vogel M, Gausche R, Lipek T, Spielau U, Keller E, Pfäffle R, Kiess W & Körner A 2018 Acceleration of BMI in early childhood and risk of sustained obesity. *New England Journal of Medicine* 379 1303–1312. (<https://doi.org/10.1056/NEJMoa1803527>)
108. Voerman E, Santos S, Patro Golab B, Amiano P, Ballester F, Barros H, Bergström A, Charles MA, Chatzi L, Chevrier C et al. 2019 Maternal body mass index, gestational weight gain, and the risk of overweight and obesity across childhood: an individual participant data meta-analysis. *PLoS Medicine* 16 e1002744. (<https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002744>)
109. Abeysekera MV, Morris JA, Davis GK & O’Sullivan AJ 2016 Alterations in energy homeostasis to favour adipose tissue gain: a longitudinal study in healthy pregnant women. *Australian and New Zealand Journal of Obstetrics and Gynaecology* 56 42–48. (<https://doi.org/10.1111/ajo.12398>)
110. Boney CM, Verma A, Tucker R & Vohr BR 2005 Metabolic syndrome in childhood: association with birth weight, maternal obesity, and gestational diabetes mellitus. *Pediatrics* 115 e290–e296. (<https://doi.org/10.1542/peds.2004-1808>)
111. Ruchat SM & Mottola MF 2012 Preventing long-term risk of obesity for two generations: prenatal physical activity is part of the puzzle. *Journal of Pregnancy* 2012 470247. (<https://doi.org/10.1155/2012/470247>)
112. Lesseur C, Armstrong DA, Paquette AG, Koestler DC, Padbury JF & Marsit CJ 2013 Tissue-specific leptin promoter DNA methylation is associated with maternal and infant perinatal factors. *Molecular and Cellular Endocrinology* 381 160–167. (<https://doi.org/10.1016/j.mce.2013.07.024>)

113. Kadakia R, Zheng Y, Zhang Z, Zhang W, Hou L & Josefson JL 2017 Maternal pre-pregnancy BMI downregulates neonatal cord blood LEP methylation. *Pediatric Obesity* 12 (Supplement 1) 57–64. (<https://doi.org/10.1111/ijpo.12204>)
114. Aune D, Saugstad OD, Henriksen T, Tonstad S. Maternal Body Mass Index and the risk of fetal death, stillbirth, and infant death: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*. 2014;311(15):1536
115. Chu SY, Kim SY, Lau J, Schmid CH, Dietz PM, Callaghan WM, et al. Maternal obesity and risk of stillbirth: a metaanalysis. *Am J Obstet Gynecol*. 2007;197(3):223–8.
116. Yao R, Ananth CV, Park BY, Pereira L, Plante LA. Obesity and the risk of stillbirth: a population-based cohort study. *Am J Obstet Gynecol*. 2014;210(5):457.e1–9
117. Lee H-J, Ha J-E, Bae K-H. Synergistic effect of maternal obesity and periodontitis on preterm birth in women with pre-eclampsia: a prospective study. *J Clin Periodontol*. 2016;43(8):646–51.
118. Rasmussen S, Irgens L, Espinoza J. Maternal obesity and excess of fetal growth in pre-eclampsia. *BJOG Int J Obstet Gynaecol*. 2014;121(11):1351–8
119. Leonard SA, Rasmussen KM, King JC, Abrams B. Trajectories of maternal weight from before pregnancy through postpartum and associations with childhood obesity. *Am J Clin Nutr*. 2017;106:1295–301.
120. Cedergren MI. Maternal morbid obesity and the risk of adverse pregnancy outcome. *Obstet Gynecol*. 2004;103(2):219–24.
121. Rooney BL, Schauburger CW. Excess pregnancy weight gain and long-term obesity: one decade later. *Obstet Gynecol*. 2002;100(2):245–52
122. Cai G, Sun X, Zhang L, Hong Q. Association between maternal body mass index and congenital heart defects in offspring: a systematic review. *Am J Obstet Gynecol*. 2014;211(2):91–117

123. Hinkle SN, Sharma AJ, Swan DW, Schieve LA, Ramakrishnan U, Stein AD. Excess gestational weight gain is associated with child adiposity among mothers with normal and overweight prepregnancy weight status. *J Nutr* 2012;142:1851-1858.
124. Haire-Joshu D, Tabak R. Preventing obesity across generations: evidence for early life intervention. *Annu Rev Public Health* 2016;37:253-271.
125. Mourtakos SP, Tambalis KD, Panagiotakos DB, et al. Maternal lifestyle characteristics during pregnancy, and the risk of obesity in the offspring: a study of 5,125 children. *BMC Pregnancy Childbirth* 2015;15:66. doi:10.1186/s12884-015-0498-z
126. Lawlor DA, Lichtenstein P, Fraser A, Langstrom N. Does maternal weight gain in pregnancy have long-term effects on offspring adiposity? A sibling study in a prospective cohort of 146,894 men from 136,050 families. *Am J Clin Nutr* 2011;94: 142-148.
127. Fraser A, Tilling K, Macdonald-Wallis C, et al. Association of maternal weight gain in pregnancy with offspring obesity and metabolic and vascular traits in childhood. *Circulation* 2010;121:2557-2564.
128. Schack-Nielsen L, Michaelsen KF, Gamborg M, Mortensen EL, Sorensen TI. Gestational weight gain in relation to offspring body mass index and obesity from infancy through adulthood. *Int J Obes (Lond)* 2010;34:67-74.
129. Fazzi C, Saunders DH, Linton K, Norman JE, Reynolds RM. Sedentary behaviours during pregnancy: a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2017;14:32
130. Ortega RM, Gaspar MJ, Cantero M. Influence of maternal serum lipids and maternal diet during the third trimester of pregnancy on umbilical cord blood lipids in two populations of Spanish newborns. *Int J Vitam Nutr Res.* 1996;66:250-7.
131. Bider-Canfield Z, Martinez MP, Wang X, Yu W, Bautista MP, Brookey J, et al. Maternal obesity, gestational diabetes, breastfeeding and childhood overweight at age 2

- years: Maternal exposures and childhood overweight. *Pediatr Obes*. 2017 4;12(2):171–8. [PubMed: 26956226]
132. Mingrone G, Manco M, Mora MEV, Guidone C, Iaconelli A, Gniuli D, et al. Influence of Maternal Obesity on Insulin Sensitivity and Secretion in Offspring. *Diabetes Care*. 2008 9 1;31(9):1872–6. [PubMed: 18535193]
133. Sauder KA, Hockett CW, Ringham BM, Glueck DH, Dabelea D. Research: Epidemiology Fetal overnutrition and offspring insulin resistance and β -cell function: the Exploring Perinatal Outcomes among Children (EPOCH) study. *Diabet Med J Br Diabet Assoc*. 2017 10;34(10):1392–9.
134. Alves JM, Luo S, Chow T, Herting M, Xiang AH, Page KA. Sex differences in the association between prenatal exposure to maternal obesity and hippocampal volume in children. *Brain Behav*. 2020 1 5;e01522. [PubMed: 31903710]
135. Basatemur E, Gardiner J, Williams C, Melhuish E, Barnes J, Sutcliffe A. Maternal Prepregnancy BMI and Child Cognition: A Longitudinal Cohort Study. *PEDIATRICS*. 2013 1 1;131(1):56–63. [PubMed: 23230067]
136. Casas M, Chatzi L, Carsin A-E, Amiano P, Guxens M, Kogevinas M, et al. Maternal pre-pregnancy overweight and obesity, and child neuropsychological development: two Southern European birth cohort studies. *Int J Epidemiol*. 2013 4;42(2):506–17. [PubMed: 23569191]
137. Huang L, Yu X, Keim S, Li L, Zhang L, Zhang J. Maternal prepregnancy obesity and child neurodevelopment in the Collaborative Perinatal Project. *Int J Epidemiol*. 2014 6;43(3):783–92. [PubMed: 24569381]
138. Neggers YH, Goldenberg RL, Ramey SL, Cliver SP. Maternal prepregnancy body mass index and psychomotor development in children. *Acta Obstet Gynecol Scand*. 2003 3;82(3):235–40. [PubMed: 12694119]

139. Tanda R, Salsberry PJ, Reagan PB, Fang MZ. The impact of prepregnancy obesity on children's cognitive test scores. *Matern Child Health J.* 2013 2;17(2):222–9. [PubMed: 22350633]
140. Widen EM, Kahn LG, Cirillo P, Cohn B, Kezios KL, Factor-Litvak P. Prepregnancy overweight and obesity are associated with impaired child neurodevelopment. *Matern Child Nutr.* 1;14(1):e12481.
141. Ou X, Thakali KM, Shankar K, Andres A, Badger TM. Maternal adiposity negatively influences infant brain white matter development. *Obes Silver Spring Md.* 2015 5;23(5):1047–54
142. Riggs, A.D.R. et al., eds (1996) *Epigenetic Mechanisms of Gene Regulation*, Cold Spring Harbor Laboratory Press
143. Opsahl, J.O.; Moen, G.-H.; Qvigstad, E.; Bottcher, Y.; Birkeland, K.I.; Sommer, C. Epigenetic signatures associated with maternal body mass index or gestational weight gain: A system-atic review. *J. Dev. Orig. Health Dis.* 2021, 12, 373–383.
144. Hjort, L.; Novakovic, B.; Grunnet, L.G.; Maple-Brown, L.; Damm, P.; Desoye, G.; Saffery, G. Diabetes in pregnancy and epigenetic mechanisms-how the first 9 months from conception might affect the child's epigenome and later risk of disease. *Lancet Diab. Endocrinol.* 2019, 7, 796–806.
145. Ling C, Rönn T. Epigenetics in human obesity and type 2 diabetes. *Cell Metab* 2019;29:1028–1044
146. Morales E, Groom A, Lawlor DA, Relton CL. DNA methylation signatures in cord blood associated with maternal gestational weight gain: results from the ALSPAC cohort. *BMC Res Notes* 2014;7:278
147. Jørgensen SW, Brøns C, Bluck L, et al. Metabolic response to 36 hours of fasting in young men born small vs appropriate for gestational age. *Diabetologia* 2015;58:178–187

148. McCullough, L.E.; Mendez, H.A.; Miller, E.E.; Murtha, P.A.; Murphy, S.K.; Hoyo, C. Associations between prenatal physical activity, birth weight, and DNA methylation at genomically imprinted domains in a multiethnic newborn cohort. *Epigenetics* 2015, 10, 597–606.
149. Kaati, G. et al. (2002) Cardiovascular and diabetes mortality determined by nutrition during parents' and grandparents' slow growth period. *Eur. J. Hum. Genet.* 10, 682–688
150. Vadlamudi, S. et al. (1995) Persistence of metabolic consequences in the progeny of rats fed a HC formula in their early postnatal life. *Am. J. Physiol.* 269, E731–E738
151. Marshall, M.R.; Paneth, N.; Gerlach, J.A.; Mudd, L.M.; Biery, L.; Ferguson, D.; Pivarnik, J.M. Differential methylation of insulin-like growth factor 2 in offspring of physically active pregnant women. *J. Dev. Orig. Health Dis.* 2018, 9, 299–306.
152. Galliano D, Bellver J. Female obesity: short- and long-term consequences on the offspring. *Gynecol Endocrinol.* 2013;29:626–631.
153. Kirchner H, Osler ME, Krook A, Zierath JR. Epigenetic flexibility in metabolic regulation: disease cause and prevention? *Trends Cell Biol.* 2013 May;23(5):203-9. doi: 10.1016/j.tcb.2012.11.008. Epub 2012 Dec 29. PMID: 23277089
154. Bernhardsen GP, Stensrud T, Nystad W, Dalene KE, Kolle E, Ekelund U. Early life risk factors for childhood obesity-Does physical activity modify the associations? the MoBa cohort study. *Scand J Med Sci Sports.* 2019;29(10):1636-1646.
155. Labayen I, Moreno LA, Ruiz JR, et al. Small birth weight and later body composition and fat distribution in adolescents: the AVENA study. *Obesity.* 2008;16(7):1680-1686.
156. Andres A, Hull HR, Shankar K, Casey PH, Cleves MA, Badger TM. Longitudinal body composition of children born to mothers with normal weight, overweight, and obesity. *Obesity (Silver Spring).* 2015;23(6):1252-1258.

157. Johnson W, Norris T, De Freitas R, Pearson N, Hamer M, Costa S. Is the positive relationship of infant weight gain with adolescent adiposity attenuated by moderate-to-vigorous physical activity in childhood? evidence from the millennium cohort study. *Int J Obes.* 2021;45(1):84-94.
158. Painter RC, Roseboom TJ & Bleker OP 2005 Prenatal exposure to the Dutch famine and disease in later life: an overview. *Reproductive Toxicology* 20 345–352. (<https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2005.04.005>)
159. Guarner-Lans V, Ramírez-Higuera A, Rubio-Ruiz ME, Castrejón-Téllez V, Soto ME & Pérez-Torres I 2020 Early programming of adult systemic essential hypertension. *International Journal of Molecular Sciences* 21 1203. (<https://doi.org/10.3390/ijms21041203>)
160. Hales CN & Barker DJ 2001 Type 2 (non-insulin-dependent) diabetes mellitus: the thrifty phenotype hypothesis. *1992. International Journal of Epidemiology* 42 1215–1222. (<https://doi.org/10.1093/ije/dyt133>)
161. Vickers, M.H. Early life nutrition, epigenetics and programming of later life disease. *Nutrients* 2014, 6, 2165–2178
162. Badon SE, Littman AJ, Chan KCG, Tadesse MG, Stapleton PL, Bammler TK, Sorensen TK, Williams MA, Enquobahrie DA. Physical activity and epigenetic biomarkers in maternal blood during pregnancy. *Epigenomics.* 2018 Nov;10(11):1383-1395. doi: 10.2217/epi-2017-0169.
163. World Health Organisation. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation, Geneva, 3-5 Jun 1997. Geneva: WHO, 1998. (WHO/NUT/98.1.
164. Nittari G, Scuri S, Petrelli F, Pirillo I, di Luca NM, Grappasonni I. Fighting obesity in children from European World Health Organization member states. *Epidemiological data,*

- medical-social aspects, and prevention programs. *Clin Ter.* 2019 May-Jun;170(3):e223-e230. doi: 10.7417/CT.2019.2137. PMID: 31173054.
165. Skinner AC, Ravanbakht SN, Skelton JA, Perrin EM, Armstrong SC. Prevalence of obesity and severe obesity in US children, 1999-2016. [published correction appears in *Pediatrics.* 2018; 142(30):e20181916]. *Pediatrics.* 2018; 141(3):e20173459
166. Henneman, P.; Aulchenko, Y.S.; Frants, R.R.; Zorkoltseva, I.V.; Zillikens, M.C.; Frolich, M.; Oostra, B.A.; van Dijk, K.W.; van Duijn, C.M. Genetic Architecture of Plasma Adiponectin Overlaps With the Genetics of Metabolic Syndrome–Related Traits. *Diabetes Care* 2010, 33, 908–913.
167. Monda, K.L.; North, K.E.; Hunt, S.C.; Rao, D.; Province, M.A.; Kraja, A.T. The Genetics of Obesity and the Metabolic Syndrome. *Endocr. Metab. Immune Disord.-Drug Targets* 2010, 10, 86–108. [CrossRef]
168. Nagrani, R.; Foraita, R.; Gianfagna, F.; Iacoviello, L.; Marild, S.; Michels, N.; Molnár, D.; Moreno, L.; Russo, P.; Veidebaum, T.; et al. Common genetic variation in obesity, lipid transfer genes and risk of Metabolic Syndrome: Results from IDEFICS/I.Family study and meta-analysis. *Sci. Rep.* 2020, 10, 1–14
169. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Instituto Nacional de Estadística. Encuesta Nacional de Salud 2011-2012. (Consultado el 10/03/2016.) Disponible en: <https://www.msssi.gob.es/estadEstudios/estadisticas/encuestaNacional/encuesta2011.htm>
170. Carrascosa Lezcano, A., Fernandez Garcia, J.M., Fernandez Ramos, C., Ferrandez Longas, A., Lopez-Siguero, J.P., Sanchez Gonzalez, E., Sobradillo Ruiz, B., Yeste Fernandez, D. & Grupo Colaborador, E. (2008) Spanish cross-sectional growth study 2008. Part II. Height, weight and body mass index values from birth to adulthood. *An. Pediatr. (Barc)* 68, 552–569 [in Spanish]

171. Browne, N.T.; Snethen, J.A.; Greenberg, C.S.; Frenn, M.; Kilanowski, J.F.; Gance-Cleveland, B.; Burke, P.J.; Lewandowski, L. When Pandemics Collide: The Impact of COVID-19 on Childhood Obesity. *J. Pediatr. Nurs.* 2020, 56, 90–98.
172. Cena, H.; Fiechtner, L.; Vincenti, A.; Magenes, V.C.; De Giuseppe, R.; Manuelli, M.; Zuccotti, G.V.; Calcaterra, V. COVID-19 Pandemic as Risk Factors for Excessive Weight Gain in Pediatrics: The Role of Changes in Nutrition Behavior. A Narrative Review. *Nutrients* 2021, 13, 4255
173. Seral-Cortes M, Larruy-García A, De Miguel-Etayo P, Labayen I, Moreno LA. Mediterranean Diet and Genetic Determinants of Obesity and Metabolic Syndrome in European Children and Adolescents. *Genes* [Internet] 2022;13(3):420. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/genes13030420>
174. Moreno, L.A.; Blay, M.G.; Rodríguez, G.; Blay, V.A.; Mesana, M.I.; Olivares, J.L.; Fleta, J.; Sarría, A.; Bueno, M.; AVENA-Zaragoza Study Group. Screening Performances of the International Obesity Task Force Body Mass Index Cut-Off Values in Adolescents. *J. Am. Coll. Nutr.* 2006, 25, 403–408.
175. Pérez-Bermejo, M.; Alcalá-Dávalos, L.; Pérez-Murillo, J.; Legidos-García, M.E.; Murillo-Llorente, M.T. Are the Growth Standards of the World Health Organization Valid for Spanish Children? The SONEV Study. *Front. Pediatr.* 2021, 9, 848
176. Anderson LN, Carsley S, Lebovic G, Borkhoff CM, Maguire JL, Parkin PC, Birken CS. Misclassification of child body mass index from cut-points defined by rounded percentiles instead of Z-scores. *BMC Res Notes.* 2017 Nov 28;10(1):639. doi: 10.1186/s13104-017-2983-0. PMID: 29183360; PMCID: PMC5706297.
177. Sánchez González E, Carrascosa Lezcano A, Fernández García JM, Ferrández Longás A, López de Lara D, López-Siguero JP. Estudios españoles de crecimiento: situación actual, utilidad y recomendaciones de uso [Spanish growth studies: the current situation, their

- effectiveness and recommendations for their use]. *An Pediatr (Barc)*. 2011 Mar;74(3):193.e1-16. Spanish. doi: 10.1016/j.anpedi.2010.10.005. Epub 2011 Jan 14. PMID: 21237733.
178. Martínez-Costa C, Núñez F, Montal A, Brines J. Relationship between childhood obesity cut-offs and metabolic and vascular comorbidities: comparative analysis of three growth standards. *J Hum Nutr Diet*. 2014 Apr;27 Suppl 2:75-83. doi: 10.1111/jhn.12140. Epub 2013 Jun 27. PMID: 23808870.
179. The WHO child growth standards [Internet]. Who.int. [citado 10 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/tools/child-growth-standards/standards>
180. WHO Multicentre Growth Reference Study Group: Assessment of differences in linear growth among populations in the WHO Multicentre Growth Reference Study. *Acta Paediatr Suppl* 2006;450:56
181. De Onis M, Habicht JP. Anthropometric reference data for international use: recommendations from a World Health Organization Expert Committee. *Am J Clin Nutr* 1996;64:650-8.
182. Weaver LT. State of the art of growth standards. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser*. 2013;71:161-70. doi: 10.1159/000342606.
183. de Onis M. Update on the implementation of the WHO child growth standards. *World Rev Nutr Diet*. 2013;106:75-82. doi: 10.1159/000342550.
184. Child growth [Internet]. Who.int. [citado 10 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/health-topics/child-growth>
185. Food Safety. Levels and trends in child malnutrition: UNICEF/WHO/The World Bank Group joint child malnutrition estimates: key findings of the 2021 edition [Internet]. Who.int. World Health Organization; 2021 [citado 10 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240025257>

186. De Onis M, Blössner M, Borghi E. Global prevalence and trends of overweight and obesity among preschool children. *Am J Clin Nutr*. 2010;92:1257–64. doi:10.3945/ajcn.2010.29786.
187. Victora CG, Adair L, Fall C, Hallal PC, Martorell R, Richter L, Sachdev HS, Maternal and Child Undernutrition Study Group: Maternal and child undernutrition: consequences for adult health and human capital. *Lancet* 2008;371:340–357.
188. Garza C. New growth standards for the 21st century: a prescriptive approach. *Nutr Rev*. 2006 May;64(5 Pt 2):S55-9; discussion S72-91. doi: 10.1301/nr.2006.may.s000-s000. PMID: 16770955.
189. Fogel RW. *The fourth great awakening and the future of egalitarianism*. Chicago: The University of Chicago Press; 2000.
190. WHO. *Global nutrition targets 2025: childhood overweight policy brief (WHO/NMH/NHD/14.6)*. Geneva: World Health Organization; 2014
191. Ziegler EE, Nelson SE. The WHO growth standards: strengths and limitations. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2012 May;15(3):298-302. doi: 10.1097/MCO.0b013e3283511478. PMID: 22327335.
192. de Onis M. 4.1 The WHO Child Growth Standards. *World Rev Nutr Diet*. 2015;113:278-94. doi: 10.1159/000360352.
193. Van Dijk CE, Innis SM: Growth-curve standards and the assessment of early excess weight gain in infancy. *Pediatrics* 2009;123:102–108.
194. Maalouf-Manasseh Z, Metallinos-Katsaras E, Dewey KG: Obesity in preschool children is more prevalent and identified at a younger age when WHO growth charts are used compared with CDC charts. *J Nutr* 2011;141:1154–1158
195. Darnton-Hill I, Nishida C, James WPT. A life course approach to diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. *Public Health Nutr*. 2004;7(1A):101–21.

196. diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a joint WHO/FAO expert consultation. Geneva: World Health Organization; 2003 (WHO Technical Report Series 916; http://whqlibdoc.who.int/trs/who_trs_916.pdf, accessed 17 October 2014)
197. Hernández Rodríguez M. El patrón de crecimiento humano: factores que regulan el crecimiento. En: Argente J, Carrascosa A, Gracia R, Rodríguez F, editors. Tratado de endocrinología pediátrica y de la adolescencia. 2a ed Barcelona: Ediciones Doyma; 2000.
198. Rolland-Cachera MF, Sempé M, Guilloud-Bataille M, Patois E, Pequignot-Guggenbuhl F, Fautrad V. Adiposity indices in children. *Am J Clin Nutr* 1982;36:178-84.
199. Cole TJ, Freeman JV, Preece MA. Body mass index reference curves for the UK, 1990. *Arch Dis Child* 1995;73:25-9.
200. Power C, Lake JK, Cole TJ. Measurement and long-term health risks of child and adolescent fatness. *Int J Obesity* 1997;21:507-26.
201. de Onis M, Onyango AW, Borghi E, Garza C, Yang H, WHO Multicentre Growth Reference Study Group: Comparison of the WHO Child Growth Standards and the NCHS/WHO international growth reference: implications for child health programmes. *Publ Health Nutr* 2006;9:942–947.
202. Kerac M, Blencowe H, Grijalva-Eternod C, McGrath M, Shoham J, Cole TJ, Seal A: Prevalence of wasting among under 6-month-old infants in developing countries and implications of new case definitions using WHO growth standards: a secondary data analysis. *Arch Dis Child* 2011;96: 1008–1013.
203. Daniels, M. C. & Adair, L. S. Growth in young Filipino children predicts schooling trajectories through high school. *J. Nutr.* 134, 1439–1446 (2004).
204. Feinstein, L. Inequality in the early cognitive development of British children in the 1970 cohort. *Economica* 70, 73–97 (2003).

205. Mendez, M. A. & Adair, L. S. Severity and timing of stunting in the first two years of life affect performance on cognitive tests in late childhood. *J. Nutr.* 129, 1555–1562 (1999).
206. Glewwe, P., Jacoby, H. G. & King, E. M. Early childhood nutrition and academic achievement: a longitudinal analysis. *J. Pub. Econ.* 81, 345–368 (2001).
207. Natale V, Rajagopalan A. Worldwide variation in human growth and the World Health Organization growth standards: a systematic review. *BMJ Open* 2014;4: e003735. doi:10.1136/ bmjopen-2013-003735
208. Oken E. Maternal and child obesity: the causal link. *Obstet Gynecol Clin North Am.* 2009;36(2):361–377, ix–x
209. Crume TL, Brinton JT, Shapiro A, et al. Maternal dietary intake during pregnancy and offspring body composition: the Healthy Start Study *Am J Obstet Gynecol.* 2016;215(5): 609.e1-609.e8
210. Harrod CS, Chasan-Taber L, Reynolds RM, et al. Physical activity in pregnancy and neonatal body composition: the Healthy Start Study. *Obstet Gynecol.* 2014;124(2, pt 1):257–264
211. Moore BF, Harrall KK, Sauder KA, Glueck DH, Dabelea D. Neonatal Adiposity and Childhood Obesity. *Pediatrics.* 2020 Sep;146(3):e20200737. doi: 10.1542/peds.2020-0737. Epub 2020 Aug 13. PMID: 32796097; PMCID: PMC7461209.
212. Meander, L.; Lindqvist, M.; Mogren, I.; Sandlund, J.; West, C.E.; Domellöf, M. Physical activity and sedentary time during pregnancy and associations with maternal and fetal health outcomes: An epidemiological study. *BMC Pregnancy Childbirth* 2021, 21, 166. <https://doi.org/10.1186/s12884-021-03627-6>
213. Poudevigne, M.S.; O’Connor, P.J. A review of physical activity patterns in pregnant women and their relationship to psychological health. *Sports Med.* 2006, 36, 19–38. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636010-00003>.

214. Wolfe LA, Weissgerber TL. Clinical physiology of exercise in pregnancy: A literature review. *J Obstet Gynaecol Can* 2003; 25: 473–483. doi:10.1016/s1701-2163(16)30309-7
215. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43: 1334–1359. doi:10.1249/MSS.0b013e318213fefb
216. Silva-Jose C, Sánchez-Polán M, Barakat R, Gil-Ares J, Refoyo I. Level of Physical Activity in Pregnant Populations from Different Geographic Regions: A Systematic Review. *J Clin Med*. 2022 Aug 8;11(15):4638. doi: 10.3390/jcm11154638. PMID: 35956253; PMCID: PMC9369818.
217. Thangaratinam S, Rogozińska E, Jolly K, et al. Interventions to reduce or prevent obesity in pregnant women: a systematic review. *Health Technol Assess* 2012;16:1–8. 3 World Health Organisation (who). Good maternal nutrition. The best start in life, 2016
218. Adamo KB, Ferraro ZM, Brett KE. Can we modify the intrauterine environment to halt the intergenerational cycle of obesity? *Int J Environ Res Public Health* 2012;9:1263–307.
219. Jelsma JGM, van Leeuwen KM, Oostdam N, et al. Beliefs, barriers, and preferences of European overweight women to adopt a healthier lifestyle in pregnancy to minimize risk of developing gestational diabetes mellitus: an explorative study. *J Pregnancy* 2016;2016:1–11.
220. Hill B, McPhie S, Moran LJ. Lifestyle intervention to prevent obesity during pregnancy: implications and recommendations for research and implementation. *Midwifery* 2016;2017:13–18.

221. Evenson KR, Wen F. National trends in self-reported physical activity and sedentary behaviors among pregnant women: NHANES 1999–2006. *Prev Med.* 2010;50:123–128. [PubMed: 20053370]
222. Renault K, Norgaard K, Andreasen KR et al.. Physical activity during pregnancy in obese and normal-weight women as assessed by pedometer. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2010;89:956–961. [PubMed: 20583938]
223. Román-Gálvez MR, Amezcua-Prieto C, Salcedo-Bellido I, Olmedo-Requena R, Martínez-Galiano JM, Khan KS, Bueno-Cavanillas A. Physical activity before and during pregnancy: A cohort study. *Int. J. Gynaecol. Obstet.* 2021, 152, 374–381. <https://doi.org/10.1002/ijgo.13387>.
224. Tremblay, M.S.; Aubert, S.; Barnes, J.D.; Saunders, T.J.; Carson, V.; Latimer-Cheung, A.E.; Chastin, S.F.M.; Altenburg, T.M.; Chinapaw, M.J.M. Sedentary Behavior Research Network (SBRN)-Terminology Consensus Project process and outcome. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* 2017, 14, 75. [CrossRef] [PubMed]
225. Kołomańska-Bogucka D, Micek A, Mazur-Bialy AI. The COVID-19 Pandemic and Levels of Physical Activity in the Last Trimester, Life Satisfaction and Perceived Stress in Late Pregnancy and in the Early Puerperium. *Int J Environ Res Public Health.* 2022 Mar 5;19(5):3066. doi: 10.3390/ijerph19053066. PMID: 35270759; PMCID: PMC8910231
226. Yu H, He J, Szumilewicz A. Pregnancy Activity Levels and Impediments in the Era of COVID-19 Based on the Health Belief Model: A Cross-Sectional Study. *Int J Environ Res Public Health.* 2022 Mar 10;19(6):3283. doi: 10.3390/ijerph19063283. PMID: 35328974; PMCID: PMC8954454
227. Perales, M.; Artal, R.; Lucia, A. Exercise During Pregnancy. *JAMA* 2017, 317, 1113–1114.

228. Melville JL, Gavin A, Guo Y, Fan MY, Katon WJ. Depressive disorders during pregnancy: prevalence and risk factors in a large urban sample. *Obstet Gynecol* 2010;116(5): 1064–70
229. Nyenhuis SM, Greiwe J, Zeiger JS, Nanda A, Cooke A. Exercise and fitness in the age of social distancing during the COVID-19 pandemic. *J Allergy Clin Immunol Pract*. 2020;8(7):2152–5. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2020.04.039>
230. Trevino KM, Raghunathan N, Latte-Naor S, Polubriaginof FCG, Jensen C, Atkinson TM, et al. Rapid deployment of virtual mind-body interventions during the COVID-19 outbreak: feasibility, acceptability, and implications for future care. *Support Care Cancer*. 2021;29(2):543–6. <https://doi.org/10.1007/s00520-020-05740-2>.
231. Vargas-Terrones M, Nagpal TS, Perales M, Prapavessis H, Mottola MF, Barakat R. Physical activity and prenatal depression: going beyond statistical significance by assessing the impact of reliable and clinical significant change. *Psychol Med*. 2020:1–6. <https://doi.org/10.1017/S0033291719003714>.
232. Aguilar-Cordero MJ, Sánchez-García JC, Rodríguez-Blanque R, SánchezLópez AM, Mur-Villar N. Moderate physical Activity in an aquatic environment during Pregnancy (SWEP study) and its influence in preventing postpartum depression. *J Am Psychiatr Nurses Assoc*. 2019;25(2):112–21. <https://doi.org/10.1177/1078390317753675>.
233. Cording J. How COVID-19 Is Transforming The Fitness Industry 2020; <https://www.forbes.com/sites/jesscording/2020/07/13/covid-19-transforming-fitness-industry/?sh=69ba707230a7>.
234. Silva-Jose C, Nagpal TS, Coterón J, Barakat R, Mottola MF. The 'new normal' includes online prenatal exercise: exploring pregnant women's experiences during the pandemic and the role of virtual group fitness on maternal mental health. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2022 Mar 25;22(1):251. doi: 10.1186/s12884-022-04587-1.

235. Mottola, M.F.; Davenport, M.H.; Ruchat, S.M.; Davies, G.A.; Poitras, V.J.; Gray, C.E.; Jaramillo, A.; Barrowman, N.; Adamo, K.B.; Duggan, M.; et al. 2019 Canadian guideline for physical activity throughout pregnancy. *Br. J. Sports Med.* 2018, 52, 1339–1346. [CrossRef]
236. American College of Obstetricians and Gynecologists. Physical Activity and Exercise During Pregnancy and the Postpartum Period: ACOG Committee Opinion, Number 804. *Obstet. Gynecol.* 2020, 135, e178–e188.
237. Barakat, R.; Díaz-Blanco, A.; Franco, E.; Rollán-Malmierca, A.; Brik, M.; Vargas, M.; Silva, C.; Sánchez-Polán, M.; Gil, J.; Perales, M.; et al. Guías clínicas para el ejercicio físico durante el embarazo. *Prog. Obstet. Ginecol.* 2019, 62, 464–471.
238. ACOG Committee Obstetric Practice. ACOG Committee opinion. Number 267, January 2002: Exercise during pregnancy and the postpartum period. *Obs. Gynecol.* 2002, 99, 171–173. [https://doi.org/10.1016/s0029-7844\(01\)01749-5](https://doi.org/10.1016/s0029-7844(01)01749-5).
239. American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 6th ed; Lippincott Williams and Wilkins: Philadelphia, PA, USA, 2000
240. Objetivos y Metas de Desarrollo Sostenible. [Www.un.org](http://www.un.org). Available from: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/> (accessed on 29 May 2021)
241. Sallis JF, Bull F, Guthold R, Heath GW, Inoue S, Kelly P, Oyeyemi AL, Perez LG, Richards J, Hallal PC; Lancet Physical Activity Series 2 Executive Committee. Progress in physical activity over the Olympic quadrennium. *Lancet* 2016, 388, 1325–1336.
242. WHO. Global Action Plan on Physical Activity 2018–2030. More Active People for a Healthier World; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2018.

243. Reyes LM, Davenport MH. Exercise as a therapeutic intervention to optimize fetal weight. *Pharmacol Res.* 2018 Jun;132:160-167. doi: 10.1016/j.phrs.2018.04.016. Epub 2018 Apr 22. PMID: 29684673.
244. Barakat, R.; Pelaez, M.; Cordero, Y.; Perales, M.; Lopez, C.; Coteron, J.; Mottola, M.F. Exercise during pregnancy protects against hypertension and macrosomia: Randomized clinical trial. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 2016, 214, 649.e1–649.e8
245. Ruiz JR, Perales M, Pelaez M, et al. Supervised exercise-based intervention to prevent excessive gestational weight gain: a randomized controlled trial. *Mayo Clin Proc* 2013;88:1388–97.
246. Leung Hui A, Back L, Ludwig S. Effects of lifestyle intervention on dietary intake, physical activity level, and gestational weight gain in pregnant women with different pre-pregnancy body mass index in a randomized control trial. *BMC Pregnancy Childbirth* 2014;14:1–9.
247. Harrison CL, Lombard CB, Strauss BJ, et al. Optimizing healthy gestational weight gain in women at high risk of gestational diabetes: a randomized controlled trial. *Obesity* 2013;21:904–9.
248. Wiebe HW, Boulé NG, Chari R, et al. The effect of supervised prenatal exercise on fetal growth. *Obstet Gynecol* 2015;125:1185–94.
249. Russo LM, Nobles C, Ertel KA. Physical activity interventions in pregnancy and risk of gestational diabetes mellitus a systematic review and meta-analysis. *Obstet Gynecol* 2015;125:576–82.
250. Di Mascio D, Magro-Malosso ER, Saccone G, et al. Exercise during pregnancy in normal-weight women and risk of preterm birth: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Obstet Gynecol* 2016;215:561–71.

251. Sanabria-Martínez G, García-Hermoso A, Poyatos-León R, et al. Effectiveness of physical activity interventions on preventing gestational diabetes mellitus and excessive maternal weight gain: a meta-analysis. *BJOG: Int J Obstet Gy* 2015;122:1167–74.
252. Wang C, Wei Y, Zhang X. A randomized clinical trial of exercise during pregnancy to prevent gestational diabetes mellitus and improve pregnancy outcome in overweight and obese pregnant women. *Am J Obstet Gynecol* 2017:1–30.
253. Backhausen MG, Tabor A, Albert H, et al. The effects of an unsupervised water exercise program on low back pain and sick leave among healthy pregnant women – a randomised controlled trial. *PLoS One* 2017;12:e0182114.
254. Barakat R, Pelaez M, Lopez C, et al. Exercise during pregnancy reduces the rate of cesarean and instrumental deliveries: results of a randomized controlled trial. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2012;25:2372–6
255. Ferrari N, Bae-Gartz I, Bauer C. Exercise during pregnancy and its impact on mothers and offspring in humans and mice. *J Dev Orig Health Dis* 2017:1–14.
256. Krassovskaia PM, Chaves AB, Houmard JA, Broskey NT. Exercise during Pregnancy: Developmental Programming Effects and Future Directions in Humans. *Int J Sports Med.* 2022 Feb;43(2):107-118. doi: 10.1055/a-1524-2278. Epub 2021 Aug 3. PMID: 34344043.
257. Gillman MW, Rifas-Shiman S, Berkey CS, Field AE, Colditz GA. Maternal gestational diabetes, birth weight, and adolescent obesity. *Pediatrics.* 2003;111(3):e221-6. Epub 2003/03/04
258. Amini P, Moghimbeigi A, Zayeri F, Mahjub H, Maroufizadeh S, Omani-Samani R. Evaluating The Impact of Risk Factors on Birth Weight and Gestational Age: A Multilevel Joint Modeling Approach. *International journal of fertility & sterility.* 2018;12(2):106-13. Epub 2018/05/01

259. Davenport MH, Ruchat SM, Giroux I, Sopper MM, Mottola MF. Timing of excessive pregnancy-related weight gain and offspring adiposity at birth. *Obstet Gynecol.* 2013 Aug;122(2 Pt 1):255-261. doi: 10.1097/AOG.0b013e31829a3b86. PMID: 23969792.
260. McDonald SM, Newton E, Strickland D, Isler C, Haven K, Kelley G, Chasan-Taber L, Kuehn D, May LE. Influence of Prenatal Aerobic Exercise on Fetal Morphometry. *Matern Child Health J.* 2020 Nov;24(11):1367-1375. doi: 10.1007/s10995-020-03000-7. PMID: 32833128.
261. Zhang D, Nagpal TS, Silva-José C, Sánchez-Polán M, Gil-Ares J, Barakat R. Influence of Physical Activity during Pregnancy on Birth Weight: Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Clin Med.* 2023 Aug 21;12(16):5421. doi: 10.3390/jcm12165421.
262. Magnusson, Å.; Laivuori, H.; Loft, A.; Oldereid, N.B.; Pinborg, A.; Petzold, M.; Romundstad, L.B.; Söderström-Anttila, V.; Bergh, C. The Association Between High Birth Weight and Long-Term Outcomes-Implications for Assisted Reproductive Technologies: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front. Pediatr.* 2021, 9, 675775.
263. Scifres, C.M. Short- and Long-Term Outcomes Associated with Large for Gestational Age Birth Weight. *Obstet. Gynecol. Clin. N. Am.* 2021, 48, 325–337
264. Beta, J.; Khan, N.; Khalil, A.; Fiolna, M.; Ramadan, G.; Akolekar, R. Maternal and neonatal complications of fetal macrosomia: Systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2019, 54, 308–318.
265. Stomnaroska, O.; Petkovska, E.; Ivanovska, S.; Jancevska, S.; Danilovski, D. Hypoglycaemia in the Newborn. *Prilozi* 2017, 38, 79–84
266. Reyes, L.; Manalich, R. Long-term consequences of low birth weight. *Kidney Int.* 2005, 68, S107–S111.

267. Litzenburger, T.; Huber, E.K.; Dinger, K.; Wilke, R.; Vohlen, C.; Selle, J.; Kadah, M.; Persigehl, T.; Heneweer, C.; Dötsch, J.; et al. Maternal high-fat diet induces long-term obesity with sex-dependent metabolic programming of adipocyte differentiation, hypertrophy and dysfunction in the offspring. *Clin. Sci.* 2020, 134, 921–939.
268. Clapp, J.F., III; Simonian, S.; Lopez, B.; Appleby-Wineberg, S.; Harcar-Sevcik, R. The one-year morphometric and neurodevelopmental outcome of the offspring of women who continued to exercise regularly throughout pregnancy. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 1998, 178, 594–599.
269. Rijken, M.; Stoelhorst, G.M.; Martens, S.E.; van Zwieten, P.H.; Brand, R.; Maarten Wit, J.; Veen, S. Mortality and neurologic, mental, and psychomotor development at 2 years in infants born less than 27 weeks' gestation: The Leiden follow-up project on prematurity. *Pediatrics* 2003, 112, 351–358.
270. Tin, W.; Wariyar, U.; Hey, E. Changing prognosis for babies of less than 28 weeks' gestation in the north of England between 1983 and 1994. *BMJ* 1997, 314, 107.
271. Elovitz, M.A., Mrinalini, C., Sammel, M.D., 2006. Elucidating the early signal transduction pathways leading to fetal brain injury in preterm birth. *Pediatr. Res.* 59, 50–55. <https://doi.org/10.1203/01.pdr.0000191141.21932.b6>.
272. Volpe, J.J., 2009. Brain injury in premature infants: a complex amalgam of destructive and developmental disturbances. *Lancet Neurol.* (London, England) 8, 110–124. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(08\)70294-1](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(08)70294-1)
273. Barakat R, Zhang D, Sánchez-Polán M, Silva-José C, Gil-Ares J, Franco E. Is Exercise during Pregnancy a Risk for Gestational Age and Preterm Delivery? Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med.* 2023 Jul 26;12(15):4915. doi: 10.3390/jcm12154915.

274. Blaize AN, Pearson KJ, Newcomer SC. Impact of maternal exercise during pregnancy on offspring chronic disease susceptibility. *Exerc Sport Sci Rev.* 2015; 43, 198–203.
275. Klein CP, Hoppe JB, Saccomori AB, et al. Physical exercise during pregnancy prevents cognitive impairment induced by amyloid- β in adult offspring rats. *Mol Neurobiol.* 2019;56(3):2022- 2038. <https://doi.org/10.1007/s12035-018-1210-x>
276. Davenport MH, Meah VL, Ruchat SM, Davies GA, Skow RJ, Barrowman N, Adamo KB, Poitras VJ, Gray CE, Jaramillo Garcia A, Sobierajski F, Riske L, James M, Kathol AJ, Nuspl M, Marchand AA, Nagpal TS, Slater LG, Weeks A, Barakat R, Mottola MF. Impact of prenatal exercise on neonatal and childhood outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2018 Nov;52(21):1386-1396. doi: 10.1136/bjsports-2018-099836.
277. Mudd LM, Pivarnik J, Holzman CB et al. Leisure-time physical activity in pregnancy and the birth weight distribution: Where is the effect? *J Phys Act Health* 2012; 9: 1168–1177
278. Juhl M, Olsen J, Andersen PK et al. Physical exercise during pregnancy and fetal growth measures: A study within the Danish National Birth Cohort. *Am J Obstet Gynecol* 2010; 202: 63.e1–63.e8. doi:10.1016/j.ajog.2009.07.033
279. Owe KM, Nystad W, Bø K. Association between regular exercise and excessive newborn birth weight. *Obstet Gynecol* 2009; 114: 770–776. doi:10.1097/AOG.0b013e3181b6c105
280. Silva-Jose C, Sánchez-Polán M, Barakat R, Díaz-Blanco Á, Mottola MF, Refoyo I. A Virtual Exercise Program throughout Pregnancy during the COVID-19 Pandemic Modifies Maternal Weight Gain, Smoking Habits and Birth Weight-Randomized Clinical Trial. *J Clin Med.* 2022 Jul 13;11(14):4045. doi: 10.3390/jcm11144045. PMID: 35887809; PMCID: PMC9321470.
281. Pomeroy J, Renström F, Gradmark AM, et al. Maternal physical activity and insulin action in pregnancy and their relationships with infant body composition. *Diabetes Care*

- 2013;36:267–9. 42 Harrod CS, Chasan-Taber L, Reynolds RM. Physical activity in pregnancy and neonatal body composition: the healthy start study. *Obs Gynecol* 2014;124:257–64
282. Harris JE, Baer LA, Stanford KI. Maternal exercise improves the metabolic health of adult offspring. *Trends Endocrinol Metab.* 2018;29(3):164-177. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2018.01.003>
283. Mottola MF. Physical activity and maternal obesity: cardiovascular adaptations, exercise recommendations, and pregnancy outcomes. *Nutr Rev.* 2013;71:S31-S36. <https://doi.org/10.1111/nure.12064>
284. Carter LG, Lewis KN, Wilkerson DC, et al. Perinatal exercise improves glucose homeostasis in adult offspring. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2012;303(8):E1061-E1068. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00213.2012>
285. Nascimento SL, Surita FG, Cecatti JG. Physical exercise during pregnancy: a systematic review. *Curr Opin Obstet Gynecol* 2012; 24: 387–394. doi:10.1097/GCO.0b013e328359f131
286. Clapp JF 3rd.. Maternal carbohydrate intake and pregnancy outcome. *Proc Nutr Soc* 2002; 61: 45–50. doi:10.1079/pns2001129
287. Clapp JF 3rd. Long-term outcome after exercising throughout pregnancy: fitness and cardiovascular risk. *Am J Obstet Gynecol* 2008; 199: 489 e481–e486. doi:10.1016/j.ajog.2008.05.006
288. Davenport MH, Sobierajski F, Mottola MF et al. Glucose responses to acute and chronic exercise during pregnancy: A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2018; 52: 1357–1366. doi:10.1136/bjsports-2018-099829

289. Gu, S.; An, X.; Liang, F.; Zhang, X.; Zhang, C.; Wang, J.; Liu, Q.; Zhang, Y.; Wei, Y.; Hu, Z.; et al. Risk factors and long-term health consequences of macrosomia: A prospective study in Jiangsu Province, China. *J. Biomed. Res.* 2012, 26, 235–240
290. Archer, E., & McDonald, S. M. (2017). The maternal resources hypothesis and childhood obesity. In M. S. Patel & J. S. Nielsen (Eds.), *Fetal and early postnatal programming and its influence on adult health*. New York, NY: CRC Press, Taylor & Francis Group.
291. Barker, D. J. P. (1995). Intrauterine programming of adult disease. *Molecular Medicine Today*, 1(9), 418–423. [https://doi.org/10.1016/S1357-4310\(95\)90793-9](https://doi.org/10.1016/S1357-4310(95)90793-9)
292. Catalano, P. M., & Hauguel-De Mouzon, S. (2011). Is it time to revisit the Pedersen hypothesis in the face of the obesity epidemic? *American Journal of Obstetrics & Gynecology*, 204(6), 479–487. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2010.11.039>
293. Jones MA, Catov JM, Jeyabalan A, Whitaker KM, Barone Gibbs B. Sedentary behaviour and physical activity across pregnancy and birth outcomes. *Paediatr Perinat Epidemiol.* 2021 May;35(3):341-349.
294. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med.* 2020 Dec;54(24):1451-1462.
295. Reichetzedder C. Overweight and obesity in pregnancy: their impact on epigenetics. *Eur J Clin Nutr.* 2021 Dec;75(12):1710-1722. doi: 10.1038/s41430-021-00905-6. Epub 2021 Jul 6. PMID: 34230629.
296. Goldstein RF, Abell SK, Ranasinha S, Misso M, Boyle JA, Black MH, et al. Association of Gestational Weight Gain With Maternal and Infant Outcomes: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA.* 2017 Jun 6;317(21):2207-2225.

297. Amezcua-Prieto C, Olmedo-Requena R, Jiménez-Mejías E, Hurtado-Sánchez, Mozas-Moreno J, Lardelli-Claret P, et al. Changes in leisure time physical activity during pregnancy compared to the prior year. *Matern Child Health J.* 2013;17(4):632–8.
298. Ribeiro MM, Andrade A, Nunes I. Physical exercise in pregnancy: benefits, risks and prescription. *J Perinat Med.* 2021 Sep 6. doi: 10.1515/jpm-2021-0315.
299. Kelly SA, Hua K, Wallace JN, Wells SE, Nehrenberg DL, Pomp D. Maternal exercise before and during pregnancy does not impact offspring exercise or body composition in mice. *J Negat Results Biomed.* 2015 Aug 3;14:13. doi: 10.1186/s12952-015-0032-x. PMID: 26235102; PMCID: PMC4522962.
300. Cunha Fda S, Dalle Molle R, Portella AK, Benetti Cda S, Noschang C, Goldani MZ, Silveira PP. Both food restriction and high-fat diet during gestation induce low birth weight and altered physical activity in adult rat offspring: the "Similarities in the Inequalities" model. *PLoS One.* 2015 Mar 4;10(3):e0118586. doi: 10.1371/journal.pone.0118586. PMID: 25738800; PMCID: PMC4349804.
301. Martins Terra M, Schaeffer Fontoura T, Oliveira Nogueira A, Ferraz Lopes J, De Freitas Mathias PC, Andreazzi AE, De Oliveira Guerra M & Maria Peters V 2020 Multigenerational effects of chronic maternal exposure to a high sugar/fat diet and physical training. *Journal of Developmental Origins of Health and Disease* 11 159–167. (<https://doi.org/10.1017/S2040174419000503>)
302. Kim TW, Park HS. Physical exercise improves cognitive function by enhancing hippocampal neurogenesis and inhibiting apoptosis in male offspring born to obese mother. *Behav Brain Res.* 2018 Jul 16;347:360-367. doi: 10.1016/j.bbr.2018.03.018. Epub 2018 Mar 15. PMID: 29551732.
303. Raipuria M, Bahari H, Morris MJ. Effects of maternal diet and exercise during pregnancy on glucose metabolism in skeletal muscle and fat of weanling rats. *PLoS One.*

- 2015 Apr 8;10(4):e0120980. doi: 10.1371/journal.pone.0120980. PMID: 25853572; PMCID: PMC4390148.
304. Kusuyama J, Alves-Wagner AB, Makarewicz NS, Goodyear LJ. Effects of maternal and paternal exercise on offspring metabolism. *Nat Metab.* 2020 Sep;2(9):858-872. doi: 10.1038/s42255-020-00274-7.
305. Jönsson J, Renault KM, García-Calzón S, Perfilyev A, Estampador AC, Nørgaard K, Lind MV, Vaag A, Hjort L, Michaelsen KF, Carlsen EM, Franks PW, Ling C. Lifestyle Intervention in Pregnant Women With Obesity Impacts Cord Blood DNA Methylation, Which Associates With Body Composition in the Offspring. *Diabetes.* 2021 Apr;70(4):854-866. doi: 10.2337/db20-0487. Epub 2021 Jan 11. PMID: 33431374; PMCID: PMC7980200.
306. Clapp JF 3rd, Lopez B, Harcar-Sevcik R. Neonatal behavioral profile of the offspring of women who continued to exercise regularly throughout pregnancy. *Am J Obstet Gynecol.* 1999;180:91-4.
307. May LE, Scholtz SA, Suminski R, Gustafson KM. Aerobic exercise during pregnancy influences infant heart rate variability at one month of age. *Early Hum Dev.* 2014 Jan;90(1):33-8. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2013.11.001. Epub 2013 Nov 25. PMID: 24287100.
308. McDonald SM, Isler C, Haven K, Newton E, Kuehn D, Kelley G, Chasan-Taber L, May LE. Moderate intensity aerobic exercise during pregnancy and 1-month infant Morphometry. *Birth Defects Res.* 2021 Feb 1;113(3):238-247. doi: 10.1002/bdr2.1671. PMID: 33522701.
309. McMillan AG, May LE, Gaines GG, Isler C, Kuehn D. Effects of Aerobic Exercise during Pregnancy on 1-Month Infant Neuromotor Skills. *Med Sci Sports Exerc.* 2019 Aug;51(8):1671-1676. doi: 10.1249/MSS.0000000000001958. PMID: 30817721.

310. Perales M, Valenzuela PL, Barakat R, Cordero Y, Peláez M, López C, Ruilope LM, Santos-Lozano A, Lucia A. Gestational Exercise and Maternal and Child Health: Effects until Delivery and at Post-Natal Follow-up. *J Clin Med.* 2020 Jan 31;9(2):379. doi: 10.3390/jcm9020379. PMID: 32023833; PMCID: PMC7074577.
311. Nakahara K, Michikawa T, Morokuma S, Ogawa M, Kato K, Sanefuji M, Shibata E, Tsuji M, Shimono M, Kawamoto T, Ohga S, Kusuhara K; Japan Environment and Children's Study Group. Influence of physical activity before and during pregnancy on infant's sleep and neurodevelopment at 1-year-old. *Sci Rep.* 2021 Apr 14;11(1):8099. doi: 10.1038/s41598-021-87612-1. PMID: 33854123; PMCID: PMC8046980.
312. Esteban-Cornejo I, Martinez-Gomez D, Tejero-Gonzalez CM, Izquierdo-Gomez R, CarbonellBaeza A, Castro-Pinero J, et al. Maternal physical activity before and during the prenatal period and the offspring's academic performance in youth. The UP&DOWN study. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2016;29(9):1414-20.
313. Moyer C, Reoyo OR, May L. The Influence of Prenatal Exercise on Offspring Health: A Review. *Clin Med Insights Womens Health.* 2016;9:37-42
314. . Kadesjö B, Janols L-O, Korkman M, Mickelsson K, Strand G, Trillingsgaard A, et al. 5-15 (FTF) questionnaire for evaluation of development and behavior in children aged 5-15 - manual [5-15 (FTF) spørreskjema til foreldre for evaluering av utvikling og atferd hos barn i alderen 5-15 - manual]. Norwegian. Nasjonalt Kompetansesenter for AD/HD, Tourettes Syndrom og Narkolepsi. 2004; Available at https://www.5-15.org/pdf/manuals/515_nb-no.pdf.
315. Hellenes OM, Vik T, Lohaugen GC, et al. Regular moderate exercise during pregnancy does not have an adverse effect on the neurodevelopment of the child. *Acta Paediatr.* 2015;104:285–91.

316. Lim WY, Lee YS, Yap FK, Aris IM, Lek N, Meaney M, Gluckman PD, Godfrey KM, Kwek K, Chong YS, Saw SM, Pan A; GUSTO study group. Maternal Blood Pressure During Pregnancy and Early Childhood Blood Pressures in the Offspring: The GUSTO Birth Cohort Study. *Medicine (Baltimore)*. 2015 Nov;94(45):e1981. doi: 10.1097/MD.0000000000001981. Erratum in: *Medicine (Baltimore)*. 2016 Jan 22;95(3):e42ff.
317. Clapp JF. Morphometric and neurodevelopmental outcome at age five years of the offspring of women who continued to exercise regularly throughout pregnancy. *The Journal of Pediatrics*. 1996;129(6):856-863
318. Andreassen SM, Ekelund U, Bernhardsen GP. No association between maternal exercise during pregnancy and the child's weight status at age 7 years: The MoBa study. *Scand J Med Sci Sports*. 2021 Oct;31(10):1991-2001. doi: 10.1111/sms.14015.
319. Ellingsen MS, Pettersen A, Stafne SN, Mørkved S, Salvesen KÅ, Evensen K. Neurodevelopmental outcome in 7-year-old children is not affected by exercise during pregnancy: follow up of a multicentre randomised controlled trial. *BJOG*. 2020 Mar;127(4):508-517. doi: 10.1111/1471-0528.16024.
320. Nino Cruz GI, Ramirez Varela A, da Silva ICM, Hallal PC, Santos IS. Physical activity during pregnancy and offspring neurodevelopment: A systematic review. *Paediatr Perinat Epidemiol*. 2018 Jul;32(4):369-79.
321. Alvarez-Bueno C, Cavero-Redondo I, Sanchez-Lopez M, Garrido-Miguel M, MartinezHortelano JA, Martinez-Vizcaino V. Pregnancy leisure physical activity and children's neurodevelopment: a narrative review. *BJOG*. 2018 Sep;125(10):1235-42
322. Zheng J, Xiao X, Zhang Q, and Yu M (2014). DNA methylation: the pivotal interaction between earlylife nutrition and glucose metabolism in later life. *The British journal of nutrition* 112, 1850–1857.

323. Kusuyama J, Alves-Wagner AB, Conlin RH, Makarewicz NS, Albertson BG, Prince NB, Kobayashi S, Kozuka C, Møller M, Bjerre M, Fuglsang J, Miele E, Middelbeek RJW, Xiudong Y, Xia Y, Garneau L, Bhattacharjee J, Aguer C, Patti ME, Hirshman MF, Jessen N, Hatta T, Ovesen PG, Adamo KB, Nozik-Grayck E, Goodyear LJ. Placental superoxide dismutase 3 mediates benefits of maternal exercise on offspring health. *Cell Metab.* 2021 May 4;33(5):939-956.e8. doi: 10.1016/j.cmet.2021.03.004.
324. Guía de Práctica Clínica sobre la Actividad Física durante el Embarazo. 2023. ISBN: 978-84-09-49262-6
325. Harris PA, Taylor R, Thielke R, Payne J, Gonzalez N, Conde JG. Research electronic data capture (REDCap)--a metadata-driven methodology and workflow process for providing translational research informatics support. *J Biomed Inform.* 2009 Apr;42(2):377-81. doi: 10.1016/j.jbi.2008.08.010.
326. Harris PA, Taylor R, Minor BL, Elliott V, Fernandez M, O'Neal L, McLeod L, Delacqua G, Delacqua F, Kirby J, Duda SN; REDCap Consortium. The REDCap consortium: Building an international community of software platform partners. *J Biomed Inform.* 2019 Jul;95:103208. doi: 10.1016/j.jbi.2019.103208.
327. Who child growth standards: Length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age : Methods and development. Ginebra, Suiza: World Health Organization; 2006.
328. Body mass index-for-age (BMI-for-age) [Internet]. Who.int. [citado el 25 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/toolkits/child-growth-standards/standards/body-mass-index-for-age-bmi-for-age>
329. Weir, C.B.; Jan, A. BMI Classification Percentile and Cut Off Points; StatPearls Publishing: Treasure Island, FL, USA, 2022.

330. Vargas-Terrones, M.; Nagpal, T.S.; Barakat, R. Impact of exercise during pregnancy on gestational weight gain and birth weight: An overview. *Braz. J. Phys. Ther.* 2019, 23, 164–169
331. Barakat R. An exercise program throughout pregnancy: Barakat model. *Birth Defects Res.* 2021 Feb 1;113(3):218-226. doi: 10.1002/bdr2.1747. Epub 2020 Jul 2. PMID: 32613735
332. Karvonen, M.; Kentala, K.; Mustala, O. The effects of training heart rate: A longitudinal study. *Ann. Med. Exp. Biol. Fenn.* 1957, 35, 307–315.
333. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol.* 2001 Jan;37(1):153-6.
334. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign, IL, Estados Unidos de América: Human Kinetics; 1998.
335. Tharrett, S., K. McInnis y J. Peterson. 2007. ACSM's Health/Fitness Facility Standards and Guidelines, 3^a ed. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
336. Kroll, B. 1991. Facility design: Structural and functional considerations in designing the facility: Part II. *National Strength and Conditioning Association Journal* 13: 51-57.

12. ANEXOS

12.1. Consentimiento informado



CONSENTIMIENTO INFORMADO

Un embarazo físicamente activo

Adenda: Embarazo físicamente activo, prevención contra los efectos del COVID-19

Yo, D/Dña,.....(nombre y apellidos), con domicilio eny DNI nº..... declaro que

He leído la hoja de información que me han entregado.

He podido hacer preguntas sobre el estudio.

He recibido suficiente información sobre el estudio.

He hablado con:

.....

Por el presente consiento participar en el mencionado estudio.

Comprendo que su participación es voluntaria.

Comprendo que puede retirarse del estudio:

1º Voluntariamente

2º Sin tener que dar explicaciones.

3º Sin que esto repercuta en sus cuidados médicos.

Firma de la persona que participa →

Nombre:

Fecha:

12.2. Hoja de información del estudio



HOJA DE INFORMACIÓN

Un embarazo físicamente activo

INVESTIGADORES PRINCIPALES: [redacted] Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte-INEF UPM) y [redacted] (Servicio de Ginecología y Obstetricia. Hospital Universitario Severo Ochoa de Leganés).

Se le solicita su inclusión en el estudio titulado: “Un embarazo físicamente activo” que será llevado a cabo en el Hospital Severo Ochoa y en el Centro de Salud Huerta de los Frailes (Leganés), en coordinación con la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Además, esta hoja de información y el documento de consentimiento informado han sido aprobados por el Comité de Ética de Ensayos Clínicos (CEIC) del Hospital, así como también por el Comité de Ética de la Universidad Politécnica de Madrid.

El estudio pretende demostrar que el ejercicio físico moderado durante el embarazo puede actuar como un factor protector del desarrollo de una gran cantidad de alteraciones y complicaciones. Se establecerán dos grupos de estudio, uno llamado “tratamiento” (programa de ejercicio físico) y otro de control que no recibirá ejercicio físico. La asignación de las mujeres a un grupo u otro será determinada aleatoriamente (azar).

En el caso de su participación se determine en el grupo de Tratamiento, su colaboración en el estudio va a consistir en participar en un Programa de ejercicio físico aeróbico y moderado para embarazadas, que se llevará a cabo durante todo el período de gestación con una frecuencia de tres clases semanales de 50-55 minutos.

Le rogamos que lea con atención la hoja de información. No es necesario que responda ahora mismo. Puede llevarse los documentos a casa para consultarlo con sus familiares o amigos/as.

En una primera fase del estudio se le preguntarán una serie de datos personales, como edad, ocupación laboral y hábitos de ejercicio físico pasados y actuales. También se recogerán posteriormente datos clínicos de su proceso asistencial, así como datos de su recién nacido/a e infante, de sus consultas periódicas en los controles rutinarios. Su participación en este estudio puede no aportarle ningún beneficio directo. En relación con los posibles riesgos asociados a esta intervención, la literatura científica no informa de los riesgos materno-fetales asociados al ejercicio físico moderado durante el embarazo en gestantes sanas.

La finalidad de la información que le proporcionamos es la de obtener su participación en el estudio. Sus datos personales siempre serán tratados de forma confidencial, respetándose en todo momento los derechos y deberes que establece la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales. La información médica que se obtenga durante el estudio se procesará de forma anónima y confidencial. Llegado el caso se podrá solicitar la cancelación de los datos almacenados, pero no podrá exigir que no se incorporen o se retiren del estudio.

Si llegado a este punto, su decisión es la de no participar, solo nos queda darle las gracias por el tiempo que nos ha concedido. Tenga por seguro que la atención médica que recibirá no se verá aceptada por su decisión.

¡Muchas gracias!

Enero 2020