
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
LICENCIATURA EN NUTRICIÓN HUMANA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL
POR PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“Influencia de la obesidad sobre la densidad mineral ósea”

QUE PRESENTA EL ALUMNO:
CARLOS SALVADOR ESPINOSA BARRERA

Matrícula
2193067839

Asesor interno: Carmen Paulina Rodríguez López. (No. Económico:36518).

Laboratorio de Biología Celular e Inmunología, UAM-X.



Firma

Lugar y periodo de realización.

Laboratorio de Biología Celular e Inmunología, UAM-X.

18 de septiembre del 2023 al 18 de marzo del 2024.

Índice

Introducción.....	3
Justificación.....	4
Objetivo general	5
Objetivos específicos.....	5
Marco teórico.....	5
Obesidad.....	5
Clasificación de la obesidad	5
Composición corporal	6
Clasificación del peso de acuerdo con el porcentaje de grasa corporal	6
Minerales óseos.....	7
Calcio.....	7
Fósforo	7
Magnesio	8
Absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA)	8
Modalidades de la absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA)	9
DEXA cuerpo completo.....	9
DEXA axial.....	10
Parámetros evaluados	11
Osteoporosis.....	11
Masa magra y hueso.....	12
Masa grasa y hueso	12
Metodología	13
Actividades realizadas	13
Análisis estadístico.	15
Resultados	15
Metas alcanzadas.....	17
Discusión.....	18
Recomendaciones	20
Conclusión	20
Referencias	22

Introducción

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2021), la obesidad es una enfermedad crónica, caracterizada por la acumulación anormal o excesiva de grasa, asociada a mayor riesgo para la salud. Se considera una enfermedad crónica multifactorial, y su etiopatogenia incluye factores genéticos, ambientales, metabólicos y endocrinológicos. *“Solo 2 a 3% de los obesos tendría como causa alguna patología endocrinológica, entre las que destacan el hipotiroidismo, síndrome de Cushing, hipogonadismo y lesiones hipotalámicas asociadas a hiperfagia. Sin embargo, la acumulación excesiva de grasa puede producir alteraciones de la regulación, metabolización y secreción de diferentes hormonas”* (Moreno, 2012).

Las causas de la obesidad pueden ser diversas, una de las principales es un desequilibrio energético entre calorías consumidas y calorías gastadas, disminución de la actividad física cayendo en un estilo de vida sedentario, mayor ingesta de alimentos ricos en grasa, sal y azúcares, pero con un valor nutricional deficiente (Moreno, 2012). El sobrepeso y la obesidad tienen una alta prevalencia en México. De acuerdo con datos de la ENSANUT 2022, en nuestro país se encontró una prevalencia de sobrepeso y obesidad de 37.3% en niños de 5-11 años, 41.1% en adolescentes de 12-19 años, 75.2% de las personas mayores de 20 años, por último, en el grupo de adultos de 40-60 años se encuentran las prevalencias más altas con 85%; por lo que es un tema de gran interés para el sector salud.

El sobrepeso y la obesidad se han asociado con diversas consecuencias, como lo son enfermedades cardiovasculares, diabetes, trastornos en el aparato locomotor como osteoartritis y enfermedades degenerativas de las articulaciones, así como de algunos cánceres (OMS, 2021).

Además, la obesidad tiene relación con una inflamación de crónica de bajo grado, en la cual, los macrófagos del tejido adiposo se encargan de la producción crónica de citocinas proinflamatorias, produciendo un incremento de la diferenciación de osteoclastos y, por tanto, una resorción ósea; si esto se mantiene de manera crónica, puede producir osteopenia y osteoporosis (López *et al.*, 2016).

La tecnología DEXA (Absorciometría de rayos X de energía dual o Densitometría dual de rayos X) desempeña un papel fundamental en la evaluación de la densidad mineral ósea (DMO), siendo un método de diagnóstico clave en el ámbito de la salud ósea, ya que permite medir con precisión la cantidad de minerales en los huesos, ofreciendo una evaluación detallada de la salud esquelética. Por lo anterior, el principal objetivo de esta investigación es encontrar la relación entre obesidad y la composición corporal, poniendo especial interés con la densidad mineral ósea.

Justificación.

La obesidad es problema de salud, que se caracteriza por un exceso de grasa corporal. Este padecimiento se asocia con problemas de salud como enfermedades cardíacas, diabetes tipo 2 y presión arterial alta, así como alteraciones en la densidad mineral ósea. La densidad mineral ósea (DMO), se refiere a la cantidad de minerales presentes en los huesos, y es un indicador clave de la salud ósea.

Se han descrito varios factores que influyen en la estructura y función de los huesos debido a la obesidad, por ejemplo, un mayor peso corporal puede influir en la carga de los huesos y articulaciones. Por otro lado, una persona con obesidad no significa que esté bien nutrida, puede tener deficiencias de minerales como lo es el calcio o de vitamina D, importantes para la densidad ósea.

La DEXA no solo proporciona una estimación rápida y precisa de la masa ósea, sino que también permite analizar la composición corporal, incluyendo la masa grasa y magra, esta información es esencial para la detección temprana de condiciones.

La relación entre la obesidad y la densidad mineral ósea es un campo de estudio importante, ya que puede ayudarnos a comprender cómo esta condición médica afecta la salud ósea y, en última instancia, a desarrollar estrategias de prevención y tratamiento más efectivas. La investigación sobre esta relación es importante para abordar problemas futuros en la salud ósea de personas obesas y mejorar la calidad de vida de esta población.

Objetivo general

- Identificar la influencia de la obesidad sobre la densidad mineral ósea.

Objetivos específicos

- Realizar densitometría ósea para evaluar la densidad mineral ósea de cada uno de los participantes e identificar alteraciones asociadas a la obesidad.
- Analizar la composición corporal de cada uno de los participantes mediante la realización de densitometría dual de rayos X.
- Aplicar cuestionarios como el recordatorio de 24 horas y frecuencia de alimentos, para identificar su relación con la composición corporal.

Marco teórico

Obesidad

Existen diversas definiciones de obesidad, donde el IMC (relación: peso/talla²) es tomado como referencia principalmente; sin embargo, este método no hace énfasis en el tejido graso, no graso, agua y proporción de masa magra. Por otro lado, Gutiérrez y colaboradores (2020), mencionan que la obesidad se asocia a variaciones psicológicas y sociales, desencadenando un comportamiento en la alimentación, consumiendo una dieta hipercalórica y alimentos que dan una saciedad inmediata (comida rápida).

Diversos autores han elaborado una definición de obesidad más completa, una definición adecuada es la de Suarez (2017), citada por Gutiérrez y colaboradores (2020) donde hacen referencia a una enfermedad sistémica, donde participan diversos órganos, alteraciones en el metabolismo y un proceso inflamatorio crónico, *“el mismo que se expresa de acuerdo a la relación entre lo genómico y lo ambiental, teniendo como producto de esta interacción, una expresión fenotípica donde predomina un exceso en el depósito de tejido graso corporal”*, aumentando el riesgo de morbi-mortalidad.

Clasificación de la obesidad

De acuerdo con la OMS (2021), la obesidad se puede clasificar con ayuda del IMC de la siguiente manera:

- Normo Peso: 18.5 – 24.9 kg/m²

- Exceso de Peso: $\geq 25 \text{ kg/m}^2$
- Sobrepeso o Pre-Obeso: $25 - 29.9 \text{ kg/m}^2$
- Obesidad Grado I o moderada: $30 - 34.9 \text{ kg/m}^2$
- Obesidad Grado II o severa: $35 - 39.9 \text{ kg/m}^2$
- Obesidad Grado III o mórbida: $\geq 40 \text{ kg/m}^2$

Composición corporal

Cuando se aborda el concepto de obesidad, es crucial examinar la contribución de los diversos elementos del peso, como la masa magra, la masa grasa y el agua. Tanto la masa magra como la masa grasa tienen un impacto independiente en la masa ósea, lo que significa que cada uno ejercerá una influencia distinta, y esto estará condicionado por diversos factores (López *et al.*, 2016).

De acuerdo con Wang y colaboradores, citado por González (2013), la composición corporal hace referencia a una rama de la biología humana que se ocupa de la determinación cuantitativa dentro de un organismo y/o de los componentes del cuerpo, las relaciones cuantitativas entre los componentes y sus cambios en relación con los factores influyentes.

Para analizar adecuadamente la composición corporal sería necesario delimitar la composición del cuerpo humano en términos de sus distintos componentes, distinción que daría lugar a diferentes modelos de composición corporal. Behnke, citado por González (2013), propuso un modelo de análisis de la composición corporal basado en el principio de Arquímedes, en el que el peso corporal estaba representado por 2 componentes fundamentales, la masa grasa y la masa magra. Keys y Brozek, a partir de estos dos componentes desarrollaron uno nuevo, dividiendo el organismo en 4 componentes básicos: masa grasa, masa ósea, agua y proteína (González, 2013).

Clasificación del peso de acuerdo con el porcentaje de grasa corporal

La clasificación del peso en función del porcentaje de grasa corporal puede ayudar a evaluar la composición corporal de una persona más allá del simple peso en kilogramos. De acuerdo con Cardozo y colaboradores (2016), se puede clasificar de acuerdo con los parámetros descritos en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación del peso de acuerdo con el porcentaje de grasa corporal.

Clasificación	Hombres	Mujeres
Delgado	< 8%	<15%
Óptimo	8.1 % - 15.9%	15.1%-20%
Ligero sobrepeso	16.0%- 20.9%	21.0%-25.9%
Sobrepeso	21%-24.9%	26%- 31.9%
Obesidad	>25%	>32%

Minerales óseos

El esqueleto, órgano metabólicamente activo, se somete a una remodelación constante para mantener su integridad y funciones metabólicas, como el almacenamiento de calcio y fósforo. El esqueleto se clasifica en hueso cortical (80% de la masa, funciones mecánicas) y trabecular (20%, depósito hematopoyético). Los osteocitos, principales células óseas, coordinan la formación y reabsorción ósea, influyendo en la adaptación a fuerzas mecánicas y cambios hormonales. La homeostasis mineral ósea, influenciada por hormonas como PTH y calcitonina, afecta las concentraciones plasmáticas de calcio, fósforo y magnesio (Restrepo. *et al.*, 2015).

Calcio

El calcio, quinto elemento más común en el cuerpo humano, se distribuye principalmente en la hidroxapatita esquelética. Aproximadamente el 99% reside en el esqueleto, el 1% en líquido extracelular y tejidos blandos, con menos del 1% disponible para intercambio. El calcio sérico tiene tres formas: ionizado (50%), en complejos aniónicos (10%), y unido a proteínas (40%). La alcalosis favorece la unión a proteínas, mientras que la acidosis aumenta el calcio libre. Además de su papel en la mineralización ósea, el calcio es crucial en la coagulación, transmisión nerviosa, actividad enzimática, equilibrio ácido-básico, tono muscular y funciones celulares (Restrepo *et al.*, 2015).

Fósforo

El fósforo, con un contenido total de 700 a 800 g en adultos sanos, se distribuye mayormente en el esqueleto (80%-85%), en el líquido extracelular como

fosfato inorgánico y dentro de células en formas orgánicas. En la sangre, el fósforo orgánico predomina en los eritrocitos, mientras que el plasma contiene principalmente fosfato inorgánico. A nivel sanguíneo, el fósforo inorgánico circula como anión divalente y monovalente, siendo un importante tampón. Además de su función estructural en el esqueleto, el fósforo desempeña roles esenciales en ácidos nucleicos, fosfolípidos, ATP y funciones metabólicas y enzimáticas. La homeostasis se mantiene mediante la absorción intestinal, reabsorción renal y regulación hormonal, principalmente a través de la parathormona (Restrepo *et al.*, 2015).

Magnesio

El magnesio, cuarto catión más abundante en el cuerpo humano, se distribuye principalmente en el hueso y tejidos blandos. Aproximadamente el 99% está en la matriz ósea e intracelular. En el suero, el 55% es ionizado, el 30% se asocia a proteínas y el 15% forma complejos con fosfato y citrato. Es esencial para más de 300 enzimas celulares, participa en funciones vitales como transferencia de grupos fosfato, replicación del ADN y metabolismo energético. Su deficiencia puede causar trastornos metabólicos y clínicos, como hipokalemia y arritmias cardíacas (Restrepo *et al.*, 2015).

La homeostasis del magnesio depende de la absorción gastrointestinal y la excreción renal. La absorción intestinal es inversamente proporcional a la cantidad ingerida, y los factores que la regulan no están completamente esclarecidos. La excreción renal, alrededor de 120-140 mg/24 horas, se realiza principalmente en la rama ascendente del asa de Henle. Múltiples factores, hormonales y no hormonales, influyen en la reabsorción renal, siendo la concentración plasmática de magnesio el mayor regulador, mediado por receptores sensibles al Ca/Mg en las células del asa de Henle (Restrepo *et al.*, 2015).

Absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA)

La absorciometría dual de rayos X, conocida como DEXA, es una herramienta importante para evaluar la densidad mineral ósea (DMO) y es especialmente relevante en el contexto de la obesidad. La DMO se refiere a la cantidad de minerales presentes en una unidad de volumen de hueso, y es un indicador importante de la salud ósea (Aurensanz *et al.*, 2016).

La DEXA es una prueba no invasiva que se puede utilizar para dar un diagnóstico certero de osteoporosis. En esta prueba se obtienen imágenes a través de los rayos X con el fin de cuantificar la densidad mineral ósea. Mayormente las zonas a valorar son la columna lumbar y cadera, ya que son zonas propensas a sufrir fracturas; sin embargo, se puede realizar en antebrazo y cuerpo entero donde permite, además, la cuantificación de la grasa corporal y su distribución (Muxí, 2020).

El equipo comprende una superficie acolchada en la cual se ubica el paciente, un brazo móvil que alberga un tubo de rayos X debajo y un detector por encima. El tubo emite haces de fotones con dos niveles de energía distintos, conocido como energía dual. Un colimador situado bajo la mesa restringe la dispersión de los fotones, direccionándolos hacia la región de interés. En la absorción de los dos conjuntos de fotones al atravesar los tejidos corporales, que tienen composiciones variables, permite distinguir entre diferentes tipos de tejidos. Los tejidos más densos y grueso, al contener más electrones, posibilitan que menos fotones lleguen al detector. El sistema se completa con una computadora equipada con software específicamente diseñado (Aurensanz *et al.*, 2016).

La densidad mineral ósea obtenida se compara con un grupo de personas de igual sexo, raza y edad (Escala Z) y con un grupo de individuos jóvenes de igual sexo y raza (Escala T). A partir de estas comparaciones, se establece o no el diagnóstico de osteoporosis, osteopenia o baja masa ósea” (Muxí, 2020).

Modalidades de la absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA)

DEXA cuerpo completo

La DEXA de cuerpo completo ofrece una manera rápida y sencilla de estimar la composición corporal, abordando tanto la grasa corporal como la densidad mineral ósea en todo el organismo. Su precisión es alta, con un margen de error del 2-6% para la composición corporal. En comparación con los métodos antropométricos, presenta la ventaja de proporcionar medidas tanto de la composición corporal total como de la regional (Aurensanz *et al.*, 2016).

En cuanto a la posición del paciente, este se encuentra en decúbito supino, centrado en la mesa, con los brazos extendidos a los lados, las manos orientadas

hacia las piernas sin tocarlas y los pulgares hacia arriba. Para garantizar la precisión, se debe verificar la correcta posición del paciente y la ausencia de artefactos por movimiento (Aurensanz *et al.*, 2016).

Los valores de densidad mineral ósea obtenidos en el cuerpo completo ofrecen una estimación de la mineralización, aunque se requiere un análisis detallado de la columna y la cadera para comparar los resultados con curvas de referencia. Esto es esencial para diagnosticar la osteoporosis o baja densidad ósea en relación con la edad, especialmente en el caso de pacientes pediátricos (Aurensanz *et al.*, 2016).

DEXA axial

En adultos, se sugiere realizar un análisis de la columna lumbar y el fémur proximal, considerando la adición del antebrazo si no se puede evaluar alguna de estas áreas. En el caso de niños y jóvenes, bastaría con llevar a cabo la determinación en la columna lumbar. El valor más bajo entre las dos regiones estudiadas debe ser considerado como el resultado final (Aurensanz *et al.*, 2016).

La evaluación de la columna lumbar abarca los cuerpos vertebrales de L1 a L4, estimando la densidad mineral ósea (DMO) promedio de estas cuatro vértebras. El estudio del fémur puede realizarse en la cadera derecha o izquierda, aunque se recomienda preferir una consistencia en la elección. Este análisis comprende el fémur total y el cuello femoral. Generalmente, se emplea la proyección postero-anterior para la columna lumbar y el fémur proximal, mientras que la columna lateral no se utiliza en el estudio estándar (Aurensanz *et al.*, 2016).

La correcta posición del paciente es crucial para evitar errores en la estimación de la DMO. En el estudio de la columna lumbar, el paciente se coloca en decúbito supino con las rodillas flexionadas y acerca la columna a la mesa de exploración. En el estudio de la cadera, el paciente se encuentra en decúbito supino con la pierna ligeramente abducida para mantener el recto del eje femoral, y en rotación interna de 15-30 grados (Aurensanz *et al.*, 2016).

Parámetros evaluados

La densidad mineral ósea (DMO) de gran importancia, representa la cantidad promedio de mineral por unidad de área. Se determina mediante la división del contenido mineral óseo por unidad de superficie (g/cm^2). Al comparar estos valores con la base de datos de referencia, se obtienen los datos utilizados para el diagnóstico, específicamente, la puntuación T y la puntuación Z.

“La T-score es el valor empleado para diagnosticar la osteoporosis en mujeres y varones con edad igual o superior a 50 años. Se considera normal una T-score $> -1,0$, osteopenia cuando la T-score está entre -1 y $-2,5$ y osteoporosis con una T-score $< -2,5$. La Z-score se utiliza en mujeres premenopáusicas, en varones con edad inferior a 50 años y en la edad pediátrica. Se define la Z-score como el número de desviaciones estándar de diferencia entre el valor de DMO del paciente y la media de una población de referencia de la misma raza, sexo y edad. Con Z-score menor o igual a -2 desviaciones estándar, se considera «densidad ósea baja para la edad»” (Aurensanz et al., 2016).

Osteoporosis

La relación entre obesidad y osteoporosis es compleja y a menudo contradice la creencia común de que el exceso de peso protege contra la pérdida de masa ósea. Aunque la obesidad puede ofrecer cierta protección mecánica a los huesos, debido a la carga adicional que soportan, también se asocia con factores que pueden aumentar el riesgo de osteoporosis (Konstantinos et al., 2020).

La osteoporosis es una enfermedad del sistema esquelético, caracterizada por una pérdida de la masa ósea y microarquitectura del tejido óseo, que tiene como consecuencia una mayor fragilidad ósea, factor principal para que se fracturen con facilidad los huesos (Hermoso de Mendoza, 2003).

Hasta los 35 años, la tasa de síntesis y de reabsorción ósea es equivalente. *“Este equilibrio normal entre la síntesis y reabsorción ósea mantiene constante la masa esquelética. A partir de los 40 años se observa una lenta reducción de la densidad de masa ósea en ambos sexos”*. La densidad de masa ósea se expresa en gramos de mineral por unidad de superficie (cm^2) y esta representa un 70% de

la resistencia del hueso, por lo cual se relaciona directamente con el riesgo de padecer osteoporosis y de que se compliquen las fracturas (Hermoso de Mendoza, 2003).

Masa magra y hueso

La masa magra, también conocida como masa muscular, desempeña un papel crucial en la salud ósea y el bienestar general del cuerpo. La relación entre la masa magra y los huesos es un aspecto significativo que impacta directamente en la fortaleza y la resistencia ósea. Comprender esta interacción es esencial para abordar la salud ósea (López *et al.*, 2016).

El aumento de la masa magra o masa libre de grasa está asociado con un incremento en la masa ósea, posiblemente debido a una mayor carga mecánica en los huesos relacionada con el peso y el desarrollo muscular. Este impacto positivo se atribuye a factores como el ejercicio, la dieta, la suficiencia estrogénica y la genética. La masa magra actúa de forma independiente sobre el riesgo de fractura y contribuyendo a la disminución de la fragilidad y las caídas asociadas a fracturas osteoporóticas. A pesar de que la obesidad se caracteriza por un aumento predominante de la masa grasa, también conlleva un aumento de la masa magra, lo que podría explicar parcialmente sus beneficios en la densidad mineral ósea. Estudios comparativos entre pacientes obesos y aquellos con anorexia nerviosa sugieren que la mayor masa magra en pacientes obesos se relaciona con una mayor densidad mineral ósea y una menor fragilidad ósea, indicando así un menor riesgo de fractura (López *et al.*, 2016).

Masa grasa y hueso

La masa grasa, o tejido adiposo, desempeña un papel esencial en la salud general del cuerpo, y su relación con el hueso es un aspecto crucial que influye en el bienestar óseo. Comprender la importancia de la masa grasa y su repercusión en los huesos es fundamental para abordar el tema de la densidad mineral ósea y la salud en general del hueso (López *et al.*, 2016).

En la obesidad, el aumento de peso está mayormente relacionado con la masa grasa, la cual impacta el metabolismo óseo de diversas maneras. Cuantitativamente, el incremento de la masa corporal total aumenta la carga

mecánica, aunque este efecto no siempre es el principal predictor del riesgo de fractura. Desde una perspectiva cualitativa, el aumento de la masa grasa está asociado al aumento del tejido adiposo, que, a su vez, influye en la secreción de hormonas, promueve un estado proinflamatorio y comparte un precursor común con osteoblastos. Estas características afectan la densidad mineral ósea. Además, la distribución de la masa grasa ya sea visceral o subcutánea, también puede estar relacionada con el metabolismo óseo (López *et al.*, 2016).

Metodología

La investigación fue de tipo descriptivo y transversal. La población objetivo incluyó adultos jóvenes de ambos sexos tanto de la población universitaria de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco como del público en general. Los participantes firmaron un consentimiento informado en el que se les detallaron las técnicas y materiales a utilizar para la recolección de datos, incluyendo mediciones antropométricas (estatura, peso y circunferencia de cintura). Se llevaron a cabo mediciones de composición corporal mediante bioimpedancia eléctrica y densitometría dual de rayos X, y densidad mineral ósea mediante densitometría dual de rayos X.

Los criterios de inclusión fueron participantes adultos jóvenes con sobrepeso y obesidad, con o sin síndrome metabólico, aparentemente sanos. Los criterios de exclusión incluyeron la presencia de enfermedades crónicas-degenerativas, autoinmunes o infectocontagiosas que afectaran el proceso de inflamación, así como estar embarazadas o lactando en caso de las mujeres.

Actividades realizadas

Se utilizó la densitometría dual de rayos X con el equipo Hologic Discovery Wi para la medición de la densidad mineral ósea, lo que permitió clasificar a la población de estudio según su densidad mineral ósea adecuada o inadecuada, siguiendo los puntos de corte publicados por la ISCD en 2007 (Tabla 2). Además, se utilizaron los datos de porcentaje de grasa corporal (%GC), índice de masa grasa (IMG), y el índice de masa magra apendicular (IMMA), mismos que son obtenidos por la densitometría dual de rayos X. De acuerdo al porcentaje de grasa se pudo clasificar a la población en normalidad o con exceso o déficit de grasa (Tabla 3); con

el IMC en normalidad, con déficit o exceso de grasa como se muestra en la Tabla 4; y con el IMMA.

Tabla 2. Puntos de corte para DMO (g/cm²) en personas menores de 50 años

Puntuación Z	Interpretación
≥ -1.99	Dentro del rango esperado para la edad
≤ -2.00	Debajo del rango esperado para la edad

Fuente: (ISCD, 2007)

Tabla 3. Clasificación de acuerdo con el porcentaje de grasa corporal.

Hombres	Mujeres	Interpretación
%	%	
≤13	≤ 25	Deficiencia de grasa
14 - 22	26 a 34	Normal
≥ 23	≥ 35	Exceso de grasa

Fuente: Gallagher *et al.*, 2000.

Tabla 4. Clasificación del índice de masa grasa (kg/m²)

Hombres	Mujeres	Interpretación
IMG (kg/m ²)	IMG (kg/m ²)	
< 2	≤ 3.4	Déficit severo de grasa
2 a 2.2	3.5 a 3.9	Déficit moderado de grasa
2.3 a 2.9	4 a 4.9	Déficit leve de grasa
3 a 6	5 a 9.9	Normal
7 a 9	10 a 13.9	Exceso de grasa
10 a 12	14 a 17.9	Obesidad grado I
13 a 15	18 a 21.9	Obesidad grado II
≥16	≥ 22	Obesidad grado III

Fuente: Kelly y Wilson, 2009

Tabla 5. Masa magra apendicular (kg/m²) de acuerdo con edad en población adulta México americana

Edad	HOMBRES		MUJERES	
	Media	Valor mínimo esperado*	Media	Valor mínimo esperado*
20	8.56	6.46	6.72	4.70

25	8.76	6.62	6.84	4.72
30	8.93	6.77	6.95	4.73
35	9.05	6.87	7.03	4.73
40	9.11	6.89	7.09	4.73
45	9.09	6.87	7.11	4.71
50	9.02	6.80	7.06	4.66
55	8.89	6.71	6.96	4.60
60	8.72	6.60	6.83	4.51
65	8.52	6.46	6.69	4.43
70	8.28	6.32	6.54	4.34
75	8.01	6.15	6.37	4.25
80	7.73	5.97	6.20	4.14
85	7.44	5.78	6.04	4.06

Fuente: Kelly y
Wilson, 2009

También se utilizó el equipo de bioimpedancia eléctrica (InBody S10) para medir la composición corporal, incluyendo el peso corporal y tejido adiposo visceral (TAV) para determinar la presencia de obesidad abdominal.

Análisis estadístico.

Los datos fueron analizados utilizando el software estadístico SPSS versión 24.0 para Windows (IBM Corp, Armonk, NY, USA). Las variables cualitativas se expresan como números totales y porcentajes (Número total (%)).

Las pruebas de análisis inferencial aplicadas incluyeron:

- Se evaluó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk.
- Se utilizó la prueba t de Student para comparar las medias de las variables cuantitativas de 2 grupos.
- Se empleó el análisis de varianza de un factor (ANOVA) para contrastar múltiples grupos.
- Se llevó a cabo un análisis de regresión lineal para comparar las variables continuas.
- Se consideró un nivel de significancia convencional de $p < 0.05$.

Resultados

En total participaron 21 individuos, compuesto por 48% (n=10) hombres y 52% (n=11) mujeres. Dentro de este grupo, se identificaron 28% (n=6) individuos con

normo peso, 48% (n=10) con sobrepeso y 23% (n=5) con obesidad, lo que indica una diversidad de perfiles de peso dentro del estudio.

Los resultados de la densidad mineral ósea (DMO) tanto de columna vertebral como de cadera en la mayoría de los participantes se encontraron en rango esperado para su edad, sólo un participante mostró un valor fuera del rango esperado para su edad en la DMO de cadera, lo que sugiere una salud ósea es adecuada en estas regiones anatómicas en la mayoría de los participantes.

Se exploró la relación entre la densidad mineral ósea (DMO) en la cadera y la columna vertebral y el índice de masa corporal (IMC). Aunque la población estudiada no fue lo suficientemente amplia como para confirmar completamente esta relación, los resultados de las pruebas indicaron una tendencia de a mayor IMC mayor DMO (Tabla 6).

Tabla 6. Relación de IMC y DMO				
	Normo peso (n=6)	Sobrepeso (n=10)	Obesidad (n=5)	p
DMO cadera	-0.417 ± 0.4215	0.39 ± 1.2862	0.84 ± 1.2462	0.181
DMO columna	-1.067 ± 0.8802	-0.38 ± 1.0696	-0.32 ± 0.7694	0.333

*IMC: índice de masa corporal, DMO: densidad mineral ósea

Al investigar la posible relación entre la DMO y el área grasa visceral, no se observaron cambios significativos en la densidad mineral ósea en relación con el AGV (Tabla 7).

Tabla 7. Relación AGV y DMO			
	AGV Normal (n=10)	AGV incrementada (n=11)	p
DMO cadera	0.17 ± 1.2212	0.355 ± 1.1396	0.733
DMO columna	-0.67 ± 1.0584	-0.464 ± 0.9157	0.682

*AGV: área grasa visceral, DMO: densidad mineral ósea.

La Tabla 8 presenta los resultados de un análisis de regresión lineal múltiple que examina la relación entre el índice de masa corporal, área grasa visceral, porcentaje de grasa corporal, índice de masa muscular apendicular y porcentaje de grasa corporal con la densidad mineral ósea, tanto de cadera como de columna vertebral. Este análisis, aunque no mostró diferencia significativa entre las variables, se

observó una tendencia entre el índice de masa corporal ($p=0.104$) y el índice de masa apendicular ($p=0.081$) con la densidad mineral ósea.

Tabla 8. Relación de la DMO de cadera y columna con el IMC y componentes de la composición corporal.						
		IMC	AGV	%IMG	IMMA	%GC
DMO Cadera	R cuadrado	0.151	0.024	0.037	0.133	0.004
	Sig.	0.081	0.503	0.404	0.104	0.787
	B	1.161	4.376	0.305	0.415	0.325
	Desv. Error	0.630	6.409	0.358	0.243	1.184
	Beta	0.389	0.155	0.192	0.365	0.065
	IC95%	-0.159 2.48	-9.039 17.790	-0.444 1.054	-0.093 0.924	-2.162 2.812
DMO Columna	R cuadrado	0.7	0.013	0.075	0.017	0.158
	Sig.	0.248	0.617	0.231	0.571	0.107
	B	0.939	3.905	0.518	0.184	0.184
	Desv. Error	0.787	7.686	0.418	0.308	0.308
	Beta	0.264	0.116	0.273	0.136	0.136
	IC95%	-0.709 2.587	-12.181 19.991	-0.357 1.393	-0.461 0.830	-0.461 0.830

*DMO: densidad mineral ósea, IMC: índice de masa corporal, AGV: área grasa visceral, IMG: índice de masa grasa: IMMA, índice de masa magra apendicular, GC: grasa corporal.

Metas alcanzadas

En el marco de esta investigación, se lograron alcanzar las siguientes metas:

Se identificó la influencia de la obesidad sobre la densidad mineral ósea mediante el análisis detallado de datos obtenidos de densitometría ósea.

Se llevó a cabo la evaluación de la densidad mineral ósea de cada participante mediante densitometría ósea, permitiendo la detección de posibles alteraciones asociadas a la obesidad y su impacto en la salud ósea.

Se analizó la composición corporal de los participantes utilizando densitometría dual de rayos X, lo cual proporcionó información crucial sobre la relación entre la obesidad y la salud ósea, destacando aspectos relevantes para la prevención y el tratamiento de condiciones asociadas.

Estos logros representan avances significativos en la comprensión de cómo la obesidad afecta la densidad mineral ósea, contribuyendo en este campo y proporcionando una base para futuras investigaciones y recomendaciones clínicas.

Discusión

La investigación presentada analiza la relación entre el exceso de peso medido a través de distintas variables (IMC, el área grasa visceral, IMG y porcentaje de grasa) y la densidad mineral ósea (DMO) de cadera y columna vertebral de un grupo de 21 participantes con diferentes perfiles de peso. Los resultados muestran que todos los participantes tenían valores de DMO dentro del rango esperado para su edad en la columna vertebral, indicando una salud ósea adecuada en esta región. En cuanto a la DMO en la cadera, la mayoría de los participantes presentaron valores normales, aunque un participante mostró un valor negativo.

A pesar de lo indicado en la literatura sobre la relación del exceso de peso a expensas de la grasa y una baja DMO (incluir referencias), en la presente investigación no se encontraron asociaciones significativas entre la DMO y todas las variables asociadas al exceso de peso estudiadas.

La ausencia de la asociación entre el IMC y la DMO puede indicar que la relación entre la obesidad y la salud ósea es más compleja, esta complejidad la podemos analizar en el texto de Gkastaris y colaboradores (2020), donde explica que la relación entre el tejido óseo y el adiposo es compleja y se da a través de interacciones metabólicas, como las adipocinas y los estrógenos, así como factores metabólicos derivados del hueso. Esta comunicación afecta la remodelación ósea, el control del peso corporal, la adipogénesis, la homeostasis de la glucosa y la función muscular. La obesidad parece tener un impacto negativo en la salud ósea debido a la inflamación sistémica de bajo grado, que puede aumentar la producción de citocinas inflamatorias y leptina. Además, el aumento de la adipogénesis en la médula ósea puede disminuir la masa ósea en individuos obesos. Por lo que serían necesarios más estudios donde se analicen también mediadores inflamatorios y poder analizar esta asociación.

La grasa visceral abdominal puede influir de manera distinta en el tejido óseo en comparación con la grasa abdominal subcutánea. Esta última se encuentra debajo de la piel, principalmente en el área del abdomen, siendo una de las dos formas principales de acumulación de grasa en esta región. La otra forma es la grasa abdominal visceral, que rodea los órganos internos en la cavidad abdominal. Aunque la grasa visceral actúa como reserva de energía y desempeña funciones metabólicas cruciales, su exceso puede contribuir al desarrollo de problemas de salud metabólica (Ibrahim, 2010). En este estudio, durante el análisis de datos, no se halló una correlación significativa entre la densidad mineral ósea (DMO) en la cadera o columna y la grasa visceral o subcutánea. Los datos recopilados no revelaron información relevante que indique una diferencia que impacte en la DMO, esto puede influir en el número limitado de población de estudio.

Por otro lado, Fassio y colaboradores (2018) discuten la relación entre la obesidad y el riesgo de fracturas óseas, y señala que la obesidad está asociada con un mayor riesgo de fracturas en ciertos sitios, como los miembros inferiores, pero puede ser protectora para otros, como las fracturas de cadera o posiblemente de muñeca. Es importante señalar que en nuestro estudio no se llevó a cabo un análisis más profundo para determinar en qué partes del cuerpo era más propenso sufrir una fractura debido a un IMC alto.

Además, se plantea la idea de una curva en forma de U en la relación entre el IMC y el riesgo de fractura, sugiriendo que la protección o el aumento del riesgo pueden depender del peso corporal y de otros factores como la densidad mineral ósea (DMO). Se argumenta que incluso en la obesidad, una alta DMO puede no ser suficiente para resistir las fuerzas involucradas en una caída (Fassio *et al.*, 2018). Estos hallazgos contrastan con la discusión previa sobre la asociación entre la obesidad y el riesgo de fracturas óseas, donde se mencionaba que la obesidad podría tener efectos protectores en ciertas áreas óseas, como la cadera.

Es importante destacar las limitaciones del estudio, como el tamaño de la muestra relativamente pequeño y la posibilidad de que los resultados puedan no ser generalizables a otras poblaciones. Se sugiere que se necesiten estudios adicionales con muestras más grandes, diferentes poblaciones y análisis que

aborden otras variables de las aquí mencionadas para comprender mejor la relación entre la obesidad, la DMO y el riesgo de fracturas óseas.

Recomendaciones

Aunque la obesidad puede estar asociada con un aumento de la masa corporal, lo que podría sugerir una mayor carga sobre los huesos y, por lo tanto, una DMO más alta, en realidad puede tener efectos negativos en la salud ósea a largo plazo. Esto se debe a que la obesidad puede estar vinculada a una menor densidad mineral ósea debido a factores como la inflamación crónica, el desequilibrio hormonal y la falta de actividad física.

Por lo tanto, es crucial mantener un peso adecuado a través de una alimentación balanceada y realizar ejercicios de fuerza para promover una óptima densidad mineral ósea (DMO). Una dieta equilibrada, rica en calcio y vitamina D, es fundamental para fortalecer los huesos.

Además, se recomienda cambiar a un estilo de vida más saludable, no consumiendo tabaco y/o alcohol, incrementar la actividad física, especialmente el levantamiento de pesas y los ejercicios de resistencia, así como ejercicios de agilidad para mejorar el equilibrio. Al mantener un peso saludable y realizar actividades que promuevan la fuerza muscular, se puede mejorar significativamente la DMO y reducir el riesgo de osteoporosis y fracturas óseas en el futuro.

Conclusión

A pesar de la asociación bien documentada entre el exceso de peso y una baja DMO en la literatura, este estudio no encontró asociaciones significativas entre la DMO y las variables asociadas al exceso de peso estudiadas. Esta falta de asociación entre el IMC y la DMO sugiere que la relación entre la obesidad y la salud ósea puede ser más compleja de lo que se pensaba anteriormente. Se observa que esta complejidad se debe a interacciones metabólicas, como las adipocinas y los estrógenos, así como a factores metabólicos derivados del hueso, que afectan la remodelación ósea, el control del peso corporal y otros procesos fisiológicos.

Aunque se esperaba que la grasa visceral abdominal tuviera un impacto significativo en la DMO, no se encontraron cambios significativos en la densidad mineral ósea en relación con el área grasa visceral en este estudio.

En resumen, los resultados sugieren que, en este estudio, el IMC y otras variables relacionadas a la adiposidad no están significativamente asociadas con la densidad mineral ósea en la cadera y la columna vertebral. Es posible que se necesiten estudios adicionales con muestras más grandes o diferentes poblaciones para confirmar estos hallazgos.

Referencias

1. Aurensanz, E; Samper, P; Ayerza, A; Moreno, A & Lozano, G. (2016). “Estudio de composición corporal: absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA)”.Boletín de la Sociedad de Pediatría de Aragón, La Rioja y Soria. 46 (1). Disponible en: <https://spars.es/wp-content/uploads/2017/02/vol46-n1-1.pdf>
2. Cardozo, L; Cuervo, Y; Murcia, J. (2016). “Porcentaje de grasa corporal y prevalencia de sobrepeso - obesidad en estudiantes universitarios de rendimiento deportivo de Bogotá, Colombia”. Nutr. clín. diet. hosp; 36(3). Disponible en: <https://revista.nutricion.org/PDF/cardozo.pdf>
3. Fassio, A; Idolazzi, L; Rossini, M;Gatti, D; Adami, G ; Giollo, A; Viapiana,O. (2018). “The obesity paradox and osteoporosis”. 23:293–302. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40519-018-0505-2>
4. Gallagher D, Heymsfield SB, Heo M, Jebb SA, Murgatroyd PR, Sakamoto Y. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. Am J Clin Nutr 2000;72:694–701
5. Gkastaris et al.(2020): obesity, osteoporosis and bone metaboli disponible en: <https://www.ismni.org/jmni/index.phpsm>
6. González, E. (2013). “Composición corporal: estudio y utilidad clínica”. Revista, Endocrinología y Nutrición. 60 (2). Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-endocrinologia-nutricion-12-articulo-composicion-corporal-estudio-utilidad-clinica-S1575092212001532>
7. Gutiérrez- Cortez, E; Goicochea –Ríos, E; Linares –Reyes, E. (2020). “Definición de obesidad: más allá del índice de masa corporal. Rev Med Vallejana; 9(1): Disponible en: <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/revistamedicavallejana/article/view/84/80>
8. Hermoso de Mendoza, M. (2003). “Clasificación de la osteoporosis: Factores de riesgo. Clínica y diagnóstico diferencial”. Anales del Sistema Sanitario de Navarra, 26(3), Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000600004&lng=es&tlng=es.](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000600004&lng=es&tlng=es)

9. Internacional Society for Clinical Densitometry (2007). Oficial Positions & Pediatric Official Position. ISCD.
10. Instituto Nacional de Salud Pública (INSP). (2023). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT). Disponible en: <https://www.insp.mx/informacion-relevante/la-salud-de-los-mexicanos-en-cifras-resultados-de-la-ensanut-2022>
11. Kelly TL, Wilson KE, Heymsfield SB (2009). Dual Energy X-Ray Absorptiometry Body Composition Reference Values from NHANES. PLoS ONE, 4 (9). Disponible en: <http://www.plosone.org/article/info:doi/10.1371/journal.pone.0007038>
12. Konstantinos Gkastaris, Dimitrios G. Goulis², Michael Potoupnis, Atanasio D. Anastasilakis⁴, Georgios Kapetanos. (2020). "Obesity, osteoporosis and bone metabolism". Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions. 20 (3). Disponible en: <https://www.ismni.org/jmni/index.php>
13. López-Gómez, J; Pérez-Castrillon, J; Román, D. (2016). "Influencia de la obesidad sobre el metabolismo óseo". Endocrinología, Diabetes y Nutrición. 63 (10). DOI: 10.1016/j.endonu.2016.08.005
14. Moreno, M. (2012). "Definición y clasificación de la obesidad". Revista Médica Clínica Las Condes. 23 (2). Pp. 124-128. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(12\)70288-2](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(12)70288-2).
15. Muxí, M. (2020). "¿Qué es la Densitometría?". Hospital Clínic de Barcelona. Disponible en: <https://www.clinicbarcelona.org/asistencia/pruebas-y-procedimientos/densitometria>
16. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). "Sobrepeso y obesidad". Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
17. Restrepo-Giraldo, L; Arévalo-Novoa, J & Toro-Ramos, M. (2015). "Metabolismo mineral y óseo: visión general y sus métodos de medición". Medicina y Laboratorio. 21 (1). Disponible en:

<https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/05/884577/metabolismo-mineral-y-oseo.pdf>

18. Rodríguez, J. (2010). "Prevención de la osteoporosis". REV. MED. CLIN. CONDES - 2010; 21(5) 765-770. Disponible en:

<https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-pdf-S0716864010705988>