



**Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco**

**División de Ciencias Biológicas y de la Salud**

**Departamento de Atención a la Salud**

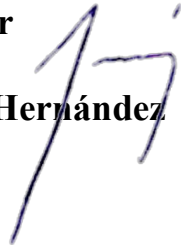
**Licenciatura en Medicina**

**“Relación entre la composición corporal y riesgo cardiometabólico en una muestra de adolescentes de la ciudad de México”**

**M.P.S.S Paola Grissell Muñoz Toledo**

**Asesor**

**Dr. Luis Ortiz Hernández**



## RESUMEN

**Introducción:** son pocos los estudios (1) que se enfocan en la relación de la masa muscular con riesgo cardiometabólico. Teóricamente el músculo tiene efectos positivos en el riesgo cardiometabólico.

**Objetivo:** analizar la relación de indicadores de masa muscular con los marcadores cardiometabólicos en adolescentes de dos escuelas de la Ciudad de México.

**Métodos:** Se realizó un estudio de cohorte con una muestra de adolescentes de 12 a 16 años de dos escuelas de la CDMX (n=202). Se cuantificaron los siguientes indicadores de masa muscular: índice apendicular (IndApen), masa libre de grasa (MLG) y área muscular del brazo (AMB). Los marcadores cardiometabólicos se midieron con por medio de muestras de sangre: glucosa, insulina, triglicéridos (TGC), colesterol total, colesterol LDL, colesterol HDL y presión arterial. Se realizaron modelos de regresión multinivel.

**Resultados:** Tanto transversal como longitudinalmente, la presión arterial sistólica se relacionó positivamente con los tres indicadores de masa muscular. Los niveles de TGC también se relacionaron positivamente con los tres indicadores pero solo de forma transversal. La glucosa se relacionó positivamente con el MLG y AMB de manera transversal. El HDL se relacionó negativamente con los tres indicadores de masa muscular de forma transversal. Mientras que el LDL tuvo una relación negativa con el AMB de manera transversal. Después de ajustar por sexo y índice de masa corporal solo se mantuvo la relación en la presión sistólica, TGC y LDL.

**Conclusión:** Como se esperaba, el LDL se relaciona negativamente con masa muscular. Sin embargo se observaron relaciones inesperadas ya que los indicadores de masa muscular se asociaron positivamente con la presión sistólica y TGC y negativamente con HDL. Parece que el IMC actúa como un confusor en la relación de los indicadores de masa muscular con los indicadores de riesgo cardiometabólico.

## INTRODUCCIÓN

En 2016, la incidencia de diabetes mellitus tipo 2 (DM2) en niños de 10 a 14 años fue de 2.05 casos sobre cada 100 mil habitantes. En 2020, dicha tasa aumentó a 2.9. La CDMX ocupa el 10° lugar nacional en prevalencia de DM2 en niños.(2) Otro problema, considerado como un padecimiento raro, es la hipertensión arterial (HTA) en niños. Ésta se ha vuelto cada vez más común y ha sido reconocida ampliamente como un problema de salud pública. La prevalencia notificada va de 5.4 a 21%. (3)

Según el estudio CARMELA realizado en CDMX la prevalencia de hipercolesterolemia en adolescentes fue de 16.4% y 34.1% y tuvo valores de 200 a 240 mg/dl. El 2.6% de los sujetos estudiados obtuvo valores muy elevados de triglicéridos y el 29.9% valores altos. La prevalencia de hipertrigliceridemia fue mayor en hombres (43.3%) que en mujeres (23%).(4)

Existe una gran cantidad de estudios (5) que hablan sobre la relación de la obesidad/adiposidad con los riesgo cardiometabólico. Sin embargo, son menos los estudios (1) que se enfocan en la relación de la masa muscular con riesgo cardiometabólico. Teóricamente el músculo tiene efectos positivos en el riesgo cardiometabólico. En este tejido se generan moléculas (mioquinas) que, al ser activado, reduce la glucemia facilitando la entrada de glucosa a la célula, controla el colesterol e incluso regulan la presión arterial. Se ha informado que las mioquinas pueden controlar la masa grasa mediante la regulación de la lipólisis, la diferenciación de adipocitos y la oxidación de ácidos grasos.(6) La interleucina 6 (IL-6) es una importante mioquina inducible por el ejercicio. Ésta aumenta la producción de glucosa en el hígado, la lipólisis en el tejido adiposo, la viabilidad de las células  $\beta$  pancreáticas y la secreción de insulina. Por último, cabe destacar su efecto hipotensor del musculo es dependiente de óxido nítrico (NO), así como el efecto vasodilatador que ésta ejerce para contrarrestar la vasoconstricción mediada por la angiotensina II. (4, 7) Otra mioquina importante es la apelina. Se ha evidenciado un aumento en los niveles en

el tejido miocárdico como resultado del ejercicio, ya que desempeña una labor de mejora en la función cardíaca y un descenso en la presión sanguínea. El objetivo de este estudio fue analizar la relación de indicadores de masa muscular con los marcadores cardiometabólicos en adolescentes de una escuela de la CDMX.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

**Diseño del estudio:** cohorte.

### **Reclutamiento de los participantes**

Después de explicar el proyecto y solicitar el permiso a las autoridades correspondientes de una escuela secundaria pública en Iztapalapa y otra secundaria privada en Coyoacán, se comenzó con el reclutamiento de adolescentes para el estudio. Se solicitó a la trabajadora social de cada plantel invitar a una junta informativa para invitar a los tutores y adolescentes a participar en la investigación mediante un citatorio. El citatorio solo se envió a los tutores de primer año sin previa selección de los adolescentes por alguna característica.

A las juntas informativas previamente programadas asistieron aproximadamente el 50% de los tutores que fueron citados. En dicha reunión se explicó el objetivo de la investigación, beneficios y riesgos para el adolescente que participaría. Al término de cada una de sesión informativa aproximadamente el 95% de los tutores dieron su consentimiento para invitar al adolescente a participar en la investigación. Aproximadamente, un 75% de los tutores y adolescentes que confirmaron su participación en la presente investigación asistieron a las evaluaciones.

Los criterios de exclusión que se consideraron fueron que el adolescente usara sillas de ruedas, muletas, tener algún implante metálico de soporte en algún hueso o prótesis (ningún caso). Los tratamientos de ortodoncia como brackets, coronas, amalgamas, fueron permitidos al no haber interferencia con las evaluaciones. Que el adolescente se hubiera realizado algún estudio

radiológico siete días antes del día de las evaluaciones, haber programado al adolescente hasta en dos ocasiones y no asistir o haber consumido algún tipo de alimento antes de las evaluaciones.

Se realizó una primera evaluación entre enero y noviembre del año 2015, en donde participaron 202 adolescentes. Posteriormente, se realizó una segunda medición de seguimiento con la participación de 137 adolescentes entre los meses febrero y noviembre del 2016. En la madrugada, los niños fueron transportados de su plantel educativo a la UAM Xochimilco. Aquí se tomó la muestra de sangre en condiciones de ayuno de 8 a 12 horas. Posteriormente los niños consumieron el desayuno. Se continuó con la evaluación antropométrica y de composición corporal con la técnica de absorciometría con rayos X de doble energía (DXA) e impedancia bioeléctrica. Después fueron transportados UAM Iztapalapa donde se realizó el escaneo con resonancia magnética. A lo largo de este tiempo se aplicaron los cuestionarios.

### **Medición de las variables independientes**

La composición corporal total se cuantificó por DXA de cuerpo entero utilizando un densitómetro marca Hologic modelo Discovery Wi (S/N 86508) ubicado en el laboratorio de Nutrición y Actividad Física de la UAM Xochimilco. Se siguieron los procedimientos especificados por el fabricante para la realización de los escaneos. El análisis y cuantificación de la masa libre de grasa (MLG) y masa muscular apendicular (IndApen) se realizó con el programa incluido en el equipo versión 13.3.0.1 y se utilizó la versión pediátrica Hologic 2005. Se obtuvieron las puntuaciones z de MLG usando a población de los Estados Unidos de Norteamérica como referencia.(8) Considerando la MLG los adolescentes fueron clasificados en: depleción muscular (Debajo de -2), riesgo depleción muscular (-1.99 a -1.00), normal (-0.99 a 0.99), arriba del promedio (1.00 a 1.99, 2.00 o más).

Para el porcentaje de grasa corporal (PGC) se utilizó el mismo equipo que para MLG e IndApen. La diferencia es que se siguieron los procedimientos especificados por el fabricante para la

realización de los escaneos, por ejemplo, verificar la calibración del equipo antes de las evaluaciones mediante el “Daily QC Setup” y el escaneo del “Spine Phantom”, esperando un coeficiente de variación en un rango de entre -0.6 y 0.6 por ciento del contenido mineral óseo representado en el phantom. El software Hologic QDR fue usado para realizar los escaneos, se especificó el tipo de escaneo: Whole Body y Default Scan Mode, la indicación de la longitud del escáner se determinó de acuerdo a la estatura del adolescente + 10 centímetros. Los adolescentes se clasificaron en: depleción grasa ( $\leq -2.00$  DE), riesgo de depleción, (-1.99 a -1.00 DE), normal (-0.99 a 0.99 DE), exceso de grasa (1.00 a 1.99 DE), obesidad ( $\geq 2.00$  DE). Se obtuvieron las puntuaciones z de PGC usando a población de los Estados Unidos de Norteamérica como referencia.(8)

Las evaluaciones estuvieron a cargo del personal del laboratorio, los cuales habían recibido una capacitación del uso y análisis impartido por los distribuidores del equipo y previos ejercicios de estandarización. Se descartaron los valores de IndApen que sobrepasaban tres derivaciones estándar.

Las mediciones antropométricas estuvieron a cargo de dos pasantes de la Licenciatura en Nutrición Humana quienes fueron capacitados y estandarizados de acuerdo a los procedimientos descritos por Habicht. El pliegue tricipital fue medido con un calibrador de pliegues cutáneos de presión constante (Slimguide) con una precisión de 0,1mm, en tanto, para la circunferencia del brazo se empleó la cinta métrica plástica (Holtain) con una precisión de 0,5cm. El pliegue tricipital (PCT) se tomó con el dedo pulgar e índice en la marca de corte posterior señalada sobre la línea media acromial radial, el pliegue es tomado en vertical y paralelo al eje longitudinal del brazo. La circunferencia de brazo (CB) fue tomada en el punto medio entre el acromion y el olecranon con la cinta colocada perpendicularmente al eje longitudinal del húmero.(9) Se estimó el área muscular del brazo (AMB) a partir del promedio de las 3 mediciones de los PCT y CB

para después usar la fórmula  $AMB = (CB \times \pi PCT)^2 \div 4\pi$  y obtener el resultado. Posteriormente ordenamos el AMB de los niños entre 11-15 años usando tablas de los Estados Unidos de América.(10) Después clasificamos a los niños en cinco grupos: depleción muscular (PER 5.00 o menos), riesgo a depleción muscular (PER 5 a 25), normal (PER 25 a 75), arriba del promedio (PER 75 a 95, (PER 95 o más).

Tanto la presión sistólica (PAS) como la diastólica (PAD) se midieron en el laboratorio después de un tiempo de reposo de 5 minutos con un baumanómetro y estetoscopio en el brazo izquierdo. Se utilizaron referencias americanas (11) para poder percentilar a cada niño. Se agruparon en tres grupos: PAS normal (percentila 92 hombres, 93 mujeres), hipertensión sistólica, PAD normal (percentila 97 hombres y 99 mujeres) e hipertensión diastólica.

La estatura y peso se midieron conforme a la técnica estandarizada descrita por Lohman. La estatura fue medida con un estadímetro portátil SECAMR modelo 214 con una precisión de 0.1 centímetro (longitud máxima 200 centímetros). Se registró la estatura al 0.1 centímetro más cercano. Se obtuvo la puntuación z de la estatura para tener una referencia contra los adolescentes de nuestro estudio. Los parámetros que se obtuvieron fueron: normal (-0.99 a 0.99 DE), riesgo a baja estatura (-1.99 a -1.00 DE), estatura baja ( $\leq -2$  DE), por arriba del promedio (1.00 a 1.99 DE), por arriba del promedio ( $\geq 2.00$  DE). (12)

El peso fue evaluado con una báscula digital SECAMR modelo Robusta 813 con precisión de 0.1 kilogramos (capacidad máxima 200 kilogramos) y se registró al 0.1 kilogramo más cercano.

Se obtuvo la puntuación z de talla e IMC utilizando las tablas de “Desarrollo de una referencia de crecimiento de la OMS para niños y adolescentes en edad escolar niños y adolescentes en edad escolar.(12) Los clasificamos en cinco grupos: bajo peso (-2.00 DE o menos), riesgo de bajo peso (-1.99 a -1.00 DE), normal (-0.99 a 0.99 DE), sobrepeso (1.00 a 1.99 DE), obesidad (2.00 o más DE).

### **Medición de las variables dependientes: indicadores de riesgo cardiometabólicos**

Con la muestra de sangre venosa, se determinaron los siguientes marcadores: glucosa, insulina, triglicéridos (TGC), colesterol total (CT), lipoproteínas de alta densidad (HDL), lipoproteínas de baja densidad (LDL). La determinación de las concentraciones bioquímicas se realizó en el Laboratorio de la Clínica de dislipidemias del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. La concentración de glucosa, colesterol-HDL y colesterol-LDL fueron cuantificadas mediante el método enzimático. Se percentiló a los adolescentes para distribuirlos según su parámetro. En la glucosa se utilizó un solo valor correspondientes a 5.6 ml/mol en mujeres y hombres. Los grupos de colesterol (13) fueron normal (debajo de percentila 74), límite alto (percentila 74) y alto (percentila 94) en mujeres. En hombres fue normal (debajo de percentila 86), límite alto (percentila 86) y (alto percentila 97). Para las percentilas de los niveles de LDL fueron: normal (percentila 53), límite-alto (percentila 83) y alto (percentila 95) para mujeres. Para los hombres fueron: normal (percentila 55), límite-alto (percentila 86) y alto (percentila 96). Los niveles de HDL fueron: bajo (por debajo de la percentila 13), normal (percentila 13) y protector (percentila 26) para mujeres y hombres. La concentración de insulina fue cuantificada por el método de quimioluminiscencia. Finalmente, la concentración de triglicéridos se cuantificó por el método enzimático calorimétrico. Los niveles de triglicéridos según los rangos fueron: normal (percentila 89) y alto (percentila 95) para hombres y mujeres. Estos resultados se tomaron como no válidos y se corrigieron para obtener valores más certeros. Las tablas que se utilizaron fueron de dos estudios realizados en niños para tener en cuenta los parámetros normales de glucosa, PAS y PAD (11) y de triglicéridos, colesterol, LDL y HDL (13)

### **Análisis estadístico**

El análisis se realizó en el programa STATA/SE 15.0. donde se estimaron medias y se compararon las diferencias entre cada año.



Se realizó la regresión lineal con AMB, IndApen y MLG. Cada una se midió con cada variable dependiente (indicadores de riesgo cardiometabólico). Se ajustaron con los modelos crudo, variable dependiente + edad.

Se compararon los resultados la población de estudio entre los que desertaron y los que tuvieron seguimiento. Se realizó por separado para así obtener resultados que expliquen las variaciones tanto transversales como longitudinales.

## **RESULTADOS**

Hubo una concentración mayor de estatura en los dos años en normal (-0.99 a 0.99) pero se observa una gran disminución en por arriba del promedio (2.00 o más) y un aumento en estatura baja (debajo de -2) y en riesgo a estatura baja (-1.99 a -1.00) lo que nos indica que se detuvo el crecimiento en la población adolescente. En PGC se observa un aumento de porcentaje en el segundo año con respecto al primero en las puntuaciones z depleción grasa (debajo de -2), riesgo de depleción (-1.99 a -1.00), normal (-0.99 a 0.99) y disminución en las puntuaciones exceso de grasa (1.00 a 1.99) y obesidad (2.00 o más) lo que nos indica que el aumento de estatura se fue disminuyendo o estancando. En el IMC aunque hay aumento y disminución de las puntuaciones z, no se muestra un cambio de gran magnitud en los porcentajes. En el parámetro de MLG grasa se observa un cambio ascendente entre un año y otro. En el primer año, más de la mitad de estudiantes se encontraba en la puntuación normal (-.99 a .99). En el segundo año, aunque la mayor población sigue estando en esa puntuación, hubo una distribución mayor y con un cambio significativo en la puntuación arriba del promedio (1.00 a 1.99) lo que nos indica que hubo un aumento de PGC entre ese año. Puede ser por los depósitos de grasa que van apareciendo en la adolescencia o una alimentación alta en carbohidratos. Hablando del AMB los cambios que podemos observar de un año a otro es la disminución en los últimos dos grupos de percentilas:

arriba del promedio 75 a 95 y 95 o más. En las percentilas normal (25 a 75) se puede observar igual un aumento y es donde se encuentra la mayoría de la población estudiantil (Tabla 1).

La glucosa mostró un cambio poblacional entre el primer año y otro en el parámetro alto, por lo tanto se agregaron adolescentes al segundo año en el parámetro normal. El CT aumentó el número de adolescentes en los parámetros límite-alto y alto pero con la mayor concentración en el parámetro normal. El LDL aumentó de población en el segundo año en el parámetro alto lo que puede indicar una modificación en la dieta en el segundo año. En HDL hay un aumento de población en el segundo año, donde posiciona al parámetro normal como predominante. en TGC la disminución poblacional en el segundo año provocó un aumento y predominancia poblacional en el parámetro normal. (Tabla 2).

Al inicio del estudio, la MLG y el AMB se relacionaron negativamente con los niveles de HDL pero positivamente con los niveles de triglicéridos. Esta relación se mantuvo después de ajustar por sexo PGC; pero desapareció al ajustar por el IMC. Longitudinalmente el AMB se relacionó positivamente con los niveles de TGC (tabla 3).

Tanto al inicio como longitudinalmente la MLG, el IndApen y el AMB se relacionaron positivamente con PAS. La relación se mantuvo después de ajustar por sexo, PGC e IMC. La PAD solo se relacionó positivamente al principio del estudio con MLG y AMB; relación que se mantuvo después de ajustar por sexo (tabla 4).

Los niveles de glucosa se relacionaron positivamente al inicio del estudio con MLG y el AMB. La relación desapareció con los modelos PGC e IMC en MLG. También desapareció con sexo e IMC en AMB. La MLG, el IndApen y el AMB se relacionaron positivamente con los niveles de insulina. Esta relación permaneció después de ajustar por el sexo y la PGC. A diferencia del AMB que solo desapareció cuando se ajustó por PGC e IMC (tabla 5).

## DISCUSIÓN

Entre los adolescentes que fueron medidos en los dos años aumentaron los que tenían una estatura y AMB debajo del promedio y disminuyeron los que tenían valores arriba del promedio en ambas variables. Lo anterior sugiere que estos adolescentes han experimentado estancamiento del crecimiento, lo cual es probable que sea resultado de una alimentación deficiente.(4) A diferencia del aumento del porcentaje de la población de adolescentes con niveles arriba del promedio de PGC, MLG, LDL, CT y glucosa. El incremento en estas variables pudo deberse a una dieta de calidad deficiente debido a un consumo excesivo de energía, grasas y carbohidratos. Mientras que el aumento de MLG puede atribuirse a los cambios producidos por la pubertad.(5) Al contrario, hubo una disminución del porcentaje de adolescentes con niveles altos de TGC. Este resultado es inesperado dado que el PCG, CT y LDL aumentaron. Si bien en la mayoría de los estudios (14) se ha correlacionado los niveles de TG con CT y LDL, los niveles de TG no siempre son directamente proporcionales y por lo tanto haber una diferencia entre CT, LDL y TG.(15) En el marcador HDL se observó entre un año y otro un aumento en el porcentaje de adolescentes en el grupo bajo.

En el segundo año existió un mayor número de adolescentes con riesgo a estatura baja en comparación con la medición inicial. La razón se puede deber a que los padres de los adolescentes en el estudio perdieron el interés al darse cuenta de que sus hijos estaban por arriba del promedio y para ellos no hubo necesidad de darle seguimiento. De igual manera ocurrió con la proporción de adolescentes con IMC con riesgo de bajo peso que fue mayor que al inicio. Probablemente, al darse cuenta los papás que sus hijos tenían un IMC mayor a comparación de sus compañeros no decidieron continuar con el estudio pues pudieron experimentar estigma por el peso. Los porcentajes de adolescentes con valores de AMB arriba del promedio medidos la segunda vez fueron menores que al comienzo del estudio. Esto puede deberse a que los

adolescentes que se fueron del estudio eran en su mayoría hombres. Y cuando vamos creciendo, los hombres desarrollan más masa magra y las mujeres más depósitos de masa grasa.(5)

Después de ajustar por otras variables, los tres indicadores de medición muscular se relacionaron positivamente con la PAS. Sin embargo, se esperaba que la relación fuera negativa ya que en el músculo se sintetiza la citosina llamada apelina, la cual se asocia con valores menores de presión arterial.(6) En adolescentes de 17 años si existió una relación positiva entre la MLG y la presión arterial.(16) Esta relación no se observó cuando el IMC de los adolescentes fue menor a 21 kg/m<sup>2</sup>.(16) Nos explican que esto ocurre porque el niño va creciendo y la homeostasis renal y el gasto cardiaco se van acoplado al incremento de la masa total, es decir conforme los niños adquieren más peso (en el que el músculo está incluido) existe más tejidos que perfundir y por tanto el gasto cardiaco aumenta.(16) Una limitante de este estudio fue que en lugar de analizar la puntuación z del IMC se analizó con valores no ajustados por edad. En niños de 9 años de Inglaterra se encontró una asociación positiva entre la MLG y la PAS. Los investigadores explican que esta asociación es mediada por el gasto cardiaco.(17) En niños de Southampton, Inglaterra de 8-9 años, se encontró una relación positiva entre MLG y PAS por una fuerte asociación con el volumen sistólico y por lo tanto gasto cardiaco lo que representa las adaptaciones del sistema cardiovascular ante el aumento de tamaño corporal.(18)

En adultos de 61 años ( $\pm 3$ ) se observó una relación positiva entre MLG a y PAS elevada.(19) La explicación es que al ir creciendo existe una contracción muscular constante y por lo tanto una secreción de mioquinas. Al estar secretándose constantemente se ha asociado a enfermedades relacionadas con la inflamación y daño endotelial. Dando a entender que tener una masa muscular alta no es beneficiosa para la salud por el estado inflamatorio crónico al que nos sometemos.(19)

En estos adolescentes mexicanos la glucosa se asoció positivamente con MLG y AMB en los modelos ajustados por sexo. Mientras que la insulina se asoció positivamente con MLG, IndApen y AMB. En los modelos ajustados por sexo y edad la relación fue positiva. Pero después de ajustar la glucosa por PGC e IMC esta relación desapareció. El resultado de la glucosa difiere del esperado ya que nosotros planteamos que, al incrementarse los indicadores de masa muscular, se disminuirían las concentraciones de glucosa en la sangre por la interacción de las mioquinas musculares.(6) En adolescentes de Hong-Kong de igual manera se encontró una relación positiva entre la insulina y glucosa en ayuno y la masa muscular esquelética ajustada por sexo.(20) En otra muestra de adolescentes de Hong Kong de 12 a 18 años hubo una relación positiva entre la glucosa y masa apendicular.(21)

En las lipoproteínas de los adolescentes mexicanos el LDL tuvo una relación negativa con los indicadores de masa muscular incluso después de ajustar por IMC. Es preciso mencionar que esta relación si se debe a la masa muscular y es el resultado esperado. En niños de Beijing de 6-18 años se observó la misma relación entre LDL y masa magra.(22) Se ha demostrado que la producción de IL-15 e IL-6 secretadas por el músculo regulan los niveles de glucosa y lípidos en sangre y disminuyendo la proteólisis en el músculo estriado.(6)

El HDL que tuvo una relación negativa y los TGC una relación positiva comparándolos con los indicadores de masa muscular. Pero que perdieron significancia al ajustar por IMC. En niños de 8 años de EUA la relación de HDL y masa muscular fue negativa.(23) En otra población de niños entre 6 a 18 años de Beijing se encontró la relación inversa de HDL y positiva en TGC y masa magra en niños con peso normal u obesos (según el IMC) y baja masa magra para el cuerpo.(22) La diferencia es que estos estudios no ajustaron sus modelos con IMC o PGC por lo que no se pudo observar si la relación cambiaba.

La razón por la que al ajustar las variables por IMC desaparece la significancia es que es un factor distinto de la exposición (masa muscular) que se asocia de forma independiente. Al encontrarnos con adolescentes con valores de IMC arriba del promedio quiere decir que son más grandes y por lo tanto tienen mayor masa muscular, así como valores cardiometabólicos.

En resumen, en los adolescentes de esta muestra hubo un estancamiento de crecimiento y aumento en los niveles de glucosa y lípidos en sangre (excepto TGC). Al realizar la regresión lineal, observamos que tanto la PAS como PAS tuvieron una relación positiva con los indicadores de masa muscular (se esperaba lo contrario). El LDL como tuvo una relación negativa con los indicadores de masa muscular. La relación de LDL era la esperada. El HDL tuvo una relación negativa con los indicadores de masa muscular, contrario a lo esperado. Tanto la glucosa como los TGC tuvieron una relación positiva con los indicadores cardiometabólicos. La relación se mantuvo en los modelos por crudo y sexo en HDL, TGC y glucosa desapareció al ajustarlos por PGC e IMC.

Una de las limitaciones del estudio fue el tamaño de muestra. Si bien fueron en dos escuelas de la CDMX, en donde se incluyeron 202 adolescentes, no es una muestra suficiente para hacer una representación justa de los adolescentes mexicanos. También, no hay tantos estudios que muestren la relación de los marcadores cardiometabólicos con la masa muscular en adolescentes principalmente. El efecto a largo plazo no se pudo medir ya que una vez fuera de la secundaria es más difícil reunir de nuevo toda la muestra por lo que se tomó de un año a otro.

## **CONCLUSIONES**

A partir del análisis precedente, podemos observar que el músculo si tiene efecto en los marcadores cardiometabólicos. Al realizar la regresión lineal el cual nos hizo creer que los resultados fueron opuestos a lo esperado. Pero al ser ajustados nos dimos cuenta que el IMC

estaba afectando los resultados de manera contraria. Así que lo tomamos como un confusor y así los resultados obtenidos fueron los esperados. Este estudio da un parteaguas a tomar en cuenta más el músculo y su efecto regulador sobre los marcadores cardiometabólicos. Aunque hay estudios que van demostrando la manera en que molecularmente el músculo regula, aún falta información a largo plazo en cómo puede afectar la calidad de vida la depleción muscular desde una edad temprana.

## REFERENCIAS

1. Kim G, J Kim AH. Impact of skeletal muscle mass on metabolic health. *Endocrinology and Metabolism* [Internet]. 2020:[1-6 pp.]. DOI: 10.3803/EnM.2020.35.1.1
2. Instituto Nacional de Salud Pública. Encuesta nacional de salud y nutrición 2016. In: Salud Sd, editor. México 2016. URL: <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2016/index.php>
3. Aregullin-Eligio EO, Alcorta-Garza MC. Prevalencia y factores de riesgo de hipertensión arterial en escolares mexicanos: caso Sabinas Hidalgo. 2009; 51:[14-8 pp.]. URL: <https://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/6877>.
4. Escobedo-de la Peña J, de Jesús-Pérez R, Schargrodsky H, Champagne B. Prevalencia de dislipidemias en la ciudad de México y su asociación con otros factores de riesgo cardiovascular. resultados del estudio Carmela. *Gaceta Médica de México* [Internet]. 2014; 150. URL: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=49336>.
5. Gallagher D. Key factors influencing body composition and it's distribution. June 2020. In: *A guide to methods for assesing childhood obesity*. Washington DC: National Collaborative on Chilhood Obesity Research; [13-8].
6. Das DK, Graham ZA, Cardozo CP. Myokines in skeletal muscle physiology and metabolism: recent advances and future perspectives. *Acta Physiologica* [Internet]. 2020 Feb; 2:[228 p.]. DOI: 10.1111/apha.13367
7. Lee SJ, Reed LA, Davies MV, Girgenrath S, Goad MEP, Tomkinson KN, et al. Regulation of muscle growth by multiple ligands signaling through activin type II receptors. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [Internet]. 2005; 102:[18117-22 pp.]. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0505996102>



8. Kelly TL, Wilson KE, Heymsfield SB. Dual energy x-ray absorptiometry body composition reference values from NHANES. Plos One [Internet]. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007038>
9. Norton K. Antropométrica. Argentina 1995. 273 p.
10. Frisancho AR. New norms of upper limb fat and muscle areas for assesment of nutritional status. The American Journal of Clinical Nutrition [Internet]. 1981; 34:[2540-45 pp.]. DOI: 10.1093/ajcn/34.11.2540
11. Jolliffe CJ, Janssen I. Development of age-specific adolescente metabolism syndrome criteria that are linked to the adult treatment panel III and international diabetes federation criteria. Journals of the American College of Cardiology [Internet]. 2007; 48. DOI: 10.1016/j.jacc.2006.08.065
12. Onis Md, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a who growth reference for school-aged children and adolescents. Bulletin of the World Health Organization [Internet]. 2007; 85:[660-7 pp.]. URL: <https://alimentacionysalud.unam.mx/development-of-a-who-growth-reference-for-school-aged-children-and-adolescents/>.
13. Jolliffe CJ, Janssen I. Distribution of lipoproteins by age and gender in adolescents. Journal of the American Heart Association [Internet]. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.620864>.
14. Sprecher DL, Hein MJ, Laskarzewski PM. Conjoint high triglycerides and low hdl cholesterol across generations. analysis of proband hypertriglyceridemia and lipid/lipoprotein disorders in first-degree family members. Circulation [Internet]. 1994; 90:[1177–84 pp.]. DOI: 10.1161/01.cir.90.3.1177

15. Tenenbaum A, Klempfner R, Fisman EZ. Hypertriglyceridemia: a too long unfairly neglected major cardiovascular risk factor. *Cardiovascular Diabetology* [Internet]. 2014. DOI: 10.1186/s12933-014-0159-y
16. Julius S, Majahalme S, Nesbitt S, Grant E, Kaciroti N, Ombao H, et al. A “gender blind” relationship of lean body mass and blood pressure in the tecumseh study. *American Journal of Hypertension* [Internet] 2002;15. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0895-7061\(01\)02282-8](https://doi.org/10.1016/S0895-7061(01)02282-8)
17. Brion M, Ness A, Davey Smith G, Leary S. Association between body composition and blood pressure in a contemporary cohort of 9-year-old children. *Journal of Human Hypertension* [Internet]. 2007:[283–90 pp.]. DOI: 10.1038/sj.jhh.1002152
18. Sletner L, Mahon P, Crozier SR, Inskip HM, Godfrey KM, Chiesa S, et al. Childhood fat and lean mass differing relations to vascular structure and function at a ge 8 to 9 years. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology* [Internet]. 2018. DOI: 10.1161/ATVBAHA.118.311455
19. Korhonen PE, Mikkola T, Kautiainen H, Eriksson H. Both lean and fat body mass associate with blood pressure. *European Journal of Internal Medicine* [Internet]. 2021; 91:[40-4 pp.]. DOI: [doi.org/10.1016/j.ejim.2021.04.025](https://doi.org/10.1016/j.ejim.2021.04.025)
20. Lin S, Lee SL, Hui LL, Yeung SLA, Tse MA. Pubertal muscle mass and diabetes markers in chinese adolescents. *American Journal of Human Biology* [Internet]. 2012:[183-5 pp.]. DOI: <https://doi.org/10.1002/ajhb.22210>
21. Chen K, Zhou M, Wang X, Li S, Yang D. The role of myokines and adipokines in hypertension and hypertension-related complications. *Springer Nature* [Internet]. 2019:[1544–51 pp.]. DOI: 10.1002/jcp.30033

22. Xiao P, Cheng H, Yan Y, Liu J, Zhao X, Li H, et al. High BMI with adequate lean mass is not associated with cardiometabolic risk factors in children and adolescents. *The Journal of Nutrition* [Internet]. 2020. DOI: 10.1093/jn/nxaa328
23. Ibrahim D, Kyriakos M, Leonie S, Miriam J, Mirko R, Eckhard S. Inverse association of high-density lipoprotein cholesterol concentration with muscle mass in children. *Childhood Obesity* [Internet]. 2019; 15. DOI: 10.1089/chi.2019.0122

## ANEXOS

**Tabla 1. Estadísticas descriptivas de composición corporal y riesgo cardiometabólico en una muestra de adolescentes de la ciudad de México**

	Basal todos (2015)	Basal con seguimiento	Seguimiento (2016)
	A	B	C
	%	%	%
Estatura (N)	(201)	(137)	(137)
Estatura para edad			
Estatura baja, $\leq -2.00$ DE	2.5	3.0	4.4
Riesgo a estatura baja, -1.99 a -1.00 DE	13.4	17.5	18.3
Normal, -0.99 a 0.99 DE	67.7	60.6	65.7
Arriba del promedio, 1.00 a 1.99 DE	14.0	16.1	10.2
Arriba del promedio, $\geq 2.00$ DE	2.5	3.0	1.5
Índice de masa corporal (N)	(201)	(137)	(137)
Bajo peso, $\leq -2.00$ DE	2.0	3.0	1.5
Riesgo bajo peso, -1.99 a -1.00 DE	6.5	7.3	7.3
Normal, -0.99 a 0.99 DE	44.3	46.0	48.2
Sobrepeso, 1.00 a 1.99 DE	22.4	22.0	23.4
Obesidad, $\geq 2.00$ DE	25.0	22.0	19.7
Porcentaje de grasa corporal (N)	(199)	(137)	(137)
Depleción grasa, $\leq -2.00$ DE	8.0	8.0	6.6
Riesgo de depleción, -1.99 a -1.00 DE	12.1	14.0	13.1
Normal, -0.99 a 0.99 DE	53.8	54.0	45.3
Exceso de grasa, 1.00 a 1.99 DE	24.6	22.0	32.1
Obesidad, $\geq 2.00$ DE	1.5	2.2	3.0
Masa libre de grasa (N)	(196)	(135)	(136)
Depleción muscular, $\leq -2.00$ DE	0.0	0.0	1.5
Riesgo de depleción muscular, -1.99 a -1.00 DE	11.2	13.3	10.3
Normal, -0.99 a 0.99 DE	62.8	63.0	59.6
Arriba del promedio, 1.00 a 1.99 DE	23.5	21.5	25.7
Arriba del promedio, $\geq 2.00$ DE	2.6	2.2	3.0
Área muscular del brazo (N)	(200)	(136)	(137)
Depleción muscular, PER 5 o menos	7.5	9.6	10.2

Riesgo de depleción muscular, PER 5 a 25	17.5	17.7	22.6
Normal, PER 25 a 75	43	43.4	49.0
Arriba del promedio, PER 75 a 95	25.0	23.5	16.1
Arriba del promedio, PER 95 o más	7.0	6.0	2.2

DE, desviación estándar; PER, percentila.

**Tabla 2. Estadísticas descriptivas de composición corporal y riesgo cardiometabólico en una muestra de adolescentes de la ciudad de México**

	<b>Basal todos (2015)</b>	<b>Basal con seguimiento</b>	<b>Seguimiento (2016)</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
Presión arterial sistólica			
(N)	(200)	(137)	(137)
Normal	100	100	100
Hipertensión	0.0	0.0	0.0
Presión arterial diastólica			
(N)	(200)	(137)	(137)
Normal	100.0	100	100
Hipertensión	0.0	0.0	0.0
Glucosa			
(N)	(200)	(137)	(137)
Normal	92.5	92.0	94.2
Alta	7.5	8.0	5.8
Colesterol total			
(N)	(197)	(135)	(137)
Normal	87.3	87.4	80.0
Límite-Alto	7.0	6.0	11.0
Alto	6.1	7.0	9.4
Colesterol LDL			
(N)	(197)	(135)	(137)
Normal	69.1	70.0	62.8
Límite	22.4	21.0	29.2
Alto	8.5	10.0	8.0
Colesterol HDL			
(N)	(201)	(137)	(137)
Bajo	42.8	39.0	47.4
Normal	50.6	53.2	42.3
Protector	7.0	8.0	10.2
Triglicéridos			
(N)	(197)	(135)	(137)
Normal	67.6	70.3	76.6
Límite-Alto	16.4	13.5	10.2
Alto	16.0	16.3	13.1

**Tabla 3. Regresiones lineales con indicadores de masa muscular como variables dependientes e indicadores de lípidos en sangre como variables independientes**

	Masa libre de grasa			Índice apendicular			Área muscular del brazo		
	T	L	Edad	T	L	Edad	T	L	Edad
<b>Colesterol total</b>									
Crudo	-1.085	0.090	-1.294	-2.300	0.144	-0.878	-0.966	0.082	-0.401
Sexo	-0.867	0.096	-1.416	-1.911	0.142	-0.907	-1.143	0.086	-0.442
S+PGC	-1.324	0.106	-1.559	-2.526	0.176	-1.117	-1.842*	0.088	-0.483
S+IMC	-1.556	0.100	-1.467	-2.717	0.149	-0.948	-1.970+	0.085	-0.486
<b>Colesterol LDL</b>									
Crudo	-1.009	0.024	-0.165	-2.138	-0.007	0.249	-1.330+	0.006	0.049
Sexo	-0.756	0.035	-0.364	-1.662	-0.000	0.168	-1.380+	0.009	0.042
S+PGC	-1.326	0.047	-0.521	-2.393	0.037	-0.066	-2.253**	0.009	0.003
S+IMC	-2.049	0.043	-0.456	-3.108	0.012	0.090	-2.583*	0.007	-0.016
<b>Colesterol HDL</b>									
Crudo	-2.177*	0.018	-0.268	-3.502*	0.043	-0.295	-1.961*	-0.003	-0.155
Sexo	-2.207*	0.016	-0.242	-3.720*	0.038	-0.260	-1.958*	-0.001	-0.159
S+PGC	-1.698*	0.006	-0.113	-2.906*	-0.001	-0.018	-1.415*	-0.005	-0.123
S+IMC	-0.334	0.006	-0.127	-0.555	0.012	-0.116	-0.612	-0.000	-0.087
<b>Triglicéridos</b>									
Crudo	9.935 *	0.0260	-1.445	14.259*	-0.017	-0.846	10.365**	0.335+	-1.708*
Sexo	10.445*	0.205	-3.912	16.237*	0.271	-2.515	10.941**	0.425*	-1.868*
S+PGC	7.689*	0.247	-4.394	11.608*	0.453	-3.561	8.202**	0.450*	-2.042*
S+IMC	2.131	0.250	-4.371	-0.046	0.392	-3.130	4.544+	0.400*	-2.105

C, modelo crudo; S, modelo ajustado por sexo; S+PGC, modelo ajustado por sexo y grasa corporal; S+IMC, modelo ajustado por sexo e índice de masa corporal

**Tabla 4. Regresiones lineales con indicadores de masa muscular como variables dependientes e indicadores de presiones como variables independientes**

	Masa libre de grasa			Índice apendicular			Área muscular del brazo		
	T	L	Edad	T	L	Edad	T	L	Edad
<b>PAS</b>									
Crudo	2.191*	0.098*	-1.633*	3.827*	0.191*	-1.402**	2.253**	0.100*	-0.438*
Sexo	2.119*	0.088*	-1.49*	3.762*	0.176*	-1.311*	2.231**	0.092*	-0.437*
S+PGC	1.992*	0.089*	-1.507*	3.378*	0.194*	-1.409**	2.078**	0.090*	-0.428*
S+IMC	1.562*	0.091*	-1.519*	2.043*	0.198*	-1.426**	1.470**	0.093*	-0.469*
<b>PAD</b>									
Crudo	0.502+	0.023	-0.457	0.601	0.050	-0.429	0.615*	0.004	-0.084
Sexo	0.579*	0.025	-0.470	0.913	0.052	-0.432	0.586*	0.010	-0.104
S+PGC	0.240	0.030	-0.523	0.395	0.076	-0.563	0.154	0.009	-0.106
S+IMC	-0.677	0.032	-0.543	-0.900	0.075	-0.552	-0.348	0.012	-0.151

\*  $p < 0.050$ ; \*\*  $p < 0.010$ ; \*\*\*  $p < 0.00$ , +  $p < 0.100$

C, modelo crudo; S, modelo ajustado por sexo; S+PGC, modelo ajustado por sexo y grasa corporal; S+IMC, modelo ajustado por sexo e índice de masa corporal.



**Tabla 5. Regresiones lineales con indicadores de masa muscular como variables dependientes e indicadores de glucosa en insulina en sangre como variables independientes**

	Masa libre de grasa			Índice apendicular			Área muscular del brazo		
	T	L	Edad	T	L	Edad	T	L	Edad
<b>Glucosa</b>									
Crudo	0.833 *	0.003	-0.242	0.935	0.039	-0.445	0.930*	0.013	-0.196
Sexo	0.813*	0.000	-0.0206	0.885	0.036	-0.427	0.937*	0.009	-0.186
S+PGC	0.559	0.001	-0.196	0.407	0.046	-0.466	0.701*	0.012	-0.198
S+IMC	-0.104	0.001	-0.194	-1.235	0.043	-0.441	0.337	0.008	-0.209
<b>Insulina</b>									
Crudo	2.025*	0.004	-0.288	3.316*	-0.020	-0.067	1.628*	0.043	-0.254
Sexo	1.870*	0.019	-0.499	3.671*	-0.017	-0.082	1.428*	0.038	-0.244
S+PGC	1.240*	0.033	-0.676	2.767*	0.028	-0.363	0.643	0.042	-0.292+
S+IMC	-0.267	0.032	-0.650	0.823	0.006	-0.218	-0.397	0.036	-0.340

\*  $p < 0.050$ ; \*\*  $p < 0.010$ ; \*\*\*  $p < 0.00$ , +  $p < 0.100$

C, modelo crudo; S, modelo ajustado por sexo; S+PGC, modelo ajustado por sexo y grasa corporal; S+IMC, modelo ajustado por sexo e índice de masa corporal