

El nivel de aptitud cardiorrespiratoria y musculoesquelética presentan relación moderada significativa con la tensión arterial, composición corporal y glucemia en adolescentes mexicanos

Cardiorespiratory and musculoskeletal fitness show a moderately significant relationship with blood pressure, body composition and glycemia in Mexican adolescents

Eduardo Gómez-Gómez^{1†}, Héctor David Araujo-Beltrán¹, Luis Fernando Muñiz-Ramírez¹, Ana Lilia Pérez-Huitimea², Adriana Isabel Andrade-Sánchez¹, Alma Osiris Monroy-Llamas¹

¹ Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Colima.

² Facultad de Ciencias de la Cultura Física, Universidad Autónoma de Chihuahua.

† Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Colima, Avenida Universidad 333, Las Víboras, C.P. 28040 Colima, Col. México.

Correo electrónico: egomez0@uocol.mx

*Autor de correspondencia

Resumen

La aptitud cardiorrespiratoria (ACR) y la aptitud musculoesquelética (AME), según reportes, presentan deterioro entre la población adolescente a consecuencia del sedentarismo. Este estudio buscó establecer la relación del nivel de ACR y AME con los indicadores de salud adiposidad corporal, glucemia (Glu) y tensión arterial sistémica: sistólica (TAS) y diastólica (TAD); en adolescentes de 15 a 18 años. Participaron 44 hombres y 60 mujeres, estudiantes de bachillerato de Colima, México, con una edad de 17.1 ± 1.2 años. Mediante protocolo Tecumseh se evaluó la ACR y la AME con dinamometría, valorando la máxima tensión isométrica voluntaria en tres ejercicios: extensión de rodilla, extensión y flexión de codo, ajustados al área de corte transversal muscular. La TAS y TAD se determinó mediante tensiómetros de muñeca y se clasificó conforme a los rangos establecidos en la norma oficial mexicana NOM-030-SSA2-1999. El valor de Glu se obtuvo en muestra de sangre capilar colectada en tira reactiva determinación en glucómetro portátil, dos horas posteriores a la ingesta del medio día. El resultado se calificó conforme a la norma oficial mexicana NOM-015-SSA2-1994. Los análisis de regresión y estimación curvilínea indicaron que el nivel de ACR y AME presentan asociación a valores favorables a la salud en adiposidad corporal y masa muscular; en hombres, mayor desarrollo de la ACR y AME menores valores de tensión arterial sistémica.

Palabras clave: Salud del adolescente; aptitud física; tensión arterial sistémica; glucemia; composición corporal.

Abstract

According to reports, cardiorespiratory fitness (CRF) and skeletal muscle fitness (SMF) show deterioration among the adolescent population due to sedentary lifestyle. This study sought to establish the relationship between the level of CRF and SMF with the health indicators systemic blood pressure (SBP), blood glucose (Glu) and body fat; in adolescents aged 15 to 18 years. A total of 44 men and 60 women studying high school from Colima, Mexico, participated in the study (17.1 ± 1.2 years of age). The CRF was evaluated using Tecumseh protocol, and SMF was assessed with dynamometry to determine the maximum voluntary isometric tension in three exercises: knee extension, elbow extension and elbow flexion, adjusted to the muscle cross-sectional area. Regression analysis and curvilinear estimation indicated that the level of CRF and SMF have a moderate and significant association with health-friendly body fat and muscle mass. In men, the SBP presented an inverse association with CRF and SMF.

Keywords: Adolescent health; physical fitness; systemic blood pressure; blood glucose; body composition.

Recibido: 13 de diciembre de 2019

Aceptado: 15 de junio de 2020

Publicado: 12 de agosto de 2020

Como citar: Gómez-Gómez, E., Araujo-Beltrán, H. D., Muñiz-Ramírez, L. F., Pérez-Huitimea, A. L., Andrade-Sánchez, A. I., & Monroy-Llamas, A. O. (2020). El nivel de aptitud cardiorrespiratoria y musculoesquelética presentan relación moderada significativa con la tensión arterial, composición corporal y glucemia en adolescentes mexicanos. *Acta Universitaria* 30, e2787. doi: <http://doi.org/10.15174/au.2020.2787>

Introducción

Heyward (2008) y Roy, Springer, McNulty & Butler (2010) reconocen dos enfoques para el estudio de la aptitud física: a) orientada al rendimiento deportivo, y b) orientada a la salud y prevención de las enfermedades. De los cuatro componentes que conforman la aptitud física para la salud se distinguen a la aptitud cardiorrespiratoria (ACR) y la aptitud musculoesquelética (AME) como los dos más determinantes para un buen estado de salud (McArdle, Katch & Katch, 2010). La ACR consiste en la función integrada de los sistemas cardiovascular y respiratorio para ajustarse a las exigencias del ejercicio físico, manteniendo el aporte necesario de oxígeno y extracción del bióxido de carbono debido al incremento en las demandas de energía (Johnson & Nelson, 1969). Por otra parte, la AME es un término multidimensional que resume la función integrada de la fuerza, resistencia y potencia muscular para el desarrollo de las actividades cotidianas que le dan independencia al sujeto (*Institute of Medicine*, 2012); el desarrollo de la AME depende del estado funcional de los sistemas neuromotor, muscular esquelético y óseo (Bustamante & Maia, 2013).

Por otra parte, está bien establecida la importancia de la AME para evitar riesgo de fracturas óseas y mantener la autonomía motriz para la calidad de vida en adultos y adultos mayores (Warburton, Whitney & Bredin, 2006); sin embargo, los pocos estudios en población juvenil dificultan comprender la relación de la AME con el estado de salud (Bustamante & Maia, 2013).

La revisión hecha por Richter & Hargreaves (2013) plantea que el entrenamiento físico es el estímulo más potente para mantener el funcionamiento adecuado de la cascada de señalización molecular, que determina la absorción de glucosa a nivel músculo esquelético. Lo anterior permite sostener que un desarrollo adecuado de la AME podría ser un factor importante para mantener valores adecuados de glucosa en sangre a lo largo de toda la vida. Por otra parte, revisiones bibliográficas han confirmado que el ejercicio favorece la disminución de la TAS y TAD en sujetos hipertensos, prehipertensos y normotensos, siendo el esfuerzo aerobio el que mejores beneficios ofrece en estado de hipertensión (Cornellissen & Smart, 2013).

Desde el año 2000, las complicaciones ocasionadas por diabetes mellitus han representado la primera causa de muerte en México con 14.8% del total, en segundo lugar se encuentran las enfermedades isquémicas del corazón con 12.7% (Soto-Estrada, Moreno-Altamirano & Pahua, 2016).

Arango *et al.* (2014) identificaron en adolescentes colombianos que el sedentarismo afecta negativamente la ACR; además, un meta análisis concluyó que bajo nivel de ACR y comportamiento sedentario se asociaron significativamente al síndrome metabólico en adolescentes (Gonçalves & Pinto, 2016).

El estudio realizado por Sandoval, Guillen & Gómez (2017) en adolescentes colimenses identificó baja prevalencia de sobrepeso y obesidad, pero detectó que el 57% de la muestra presentó bajos niveles de ACR. En este trabajo, el objetivo fue determinar el nivel de ACR y AME que presentan los adolescentes estudiantes de bachillerato y establecer su grado de asociación a valores favorables a la salud de tensión arterial (TA), Glucemia (Glu) y composición corporal.

Materiales y métodos

El proyecto fue aprobado por el comité de ética de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Colima. La población de estudio correspondió a adolescentes estudiantes del bachillerato 34, turno vespertino, del municipio de Cuauhtémoc, Colima, México. Luego de ser aprobado por las autoridades escolares para su desarrollo durante el semestre enero-julio 2019, se presentó el proyecto a la comunidad

estudiantil y se entregaron a cada estudiante la carta de participación voluntaria junto con la carta de consentimiento informado para obtener la aprobación de los padres de familia.

La muestra del estudio se obtuvo considerando como criterios de inclusión: a) edad entre 15 y 18 años cumplidos al momento de comenzar las valoraciones, b) estar interesado en participar en el estudio firmando la carta de participación voluntaria, y c) tener el permiso de los padres o tutores para su participación mediante la firma de la carta de consentimiento informado. Y como criterios de exclusión se consideró: a) presentar lesiones o alteraciones temporales o permanentes del sistema locomotor (muscular, articular, óseo y cardiovascular) que impidieran realizar las valoraciones funcionales que incluye el estudio, b) estar impedido para la realización de cualquier tipo de actividad física por prescripción médica, y c) estado de embarazo en las mujeres.

A todos los participantes se les ofreció y entregó como retribución a su participación un programa de entrenamiento personalizado de resistencia aerobia y desarrollo muscular, resultado de la valoración de su propia aptitud física.

Se elaboró un expediente de cada participante, el cual inició con el registro de datos básicos: número de cuenta, nombre completo, sexo, fecha y lugar de nacimiento, correo electrónico y número telefónico. El número de cuenta se utilizó para individualizar el registro de los datos y así evitar pérdidas de información o asignaciones incorrectas.

La estatura se midió conforme al protocolo de la Sociedad internacional para el avance de la cineantropometría (ISAK) (Stewart, Marfell-Jones, Olds & De Ridder, 2011). La valoración de la composición corporal se realizó mediante impedanciometría utilizando una báscula de diagnóstico clínico (Beurer Wellbeing, modelo BF 105, de fabricación Alemana) con la que se obtuvieron los valores de peso corporal (kg), masa grasa (%), masa muscular (%), masa ósea (Kg), agua corporal (%) e índice de masa corporal (IMC) (Kg/m^2). Para esto, el participante se presentó sin haber realizado un esfuerzo extenuante previo, ni haber estado expuesto a altas temperaturas que le provoquen pérdida de líquido corporal y sin portar objetos metálicos como relojes o joyería. Previo a la medición, se capturaron en el monitor de la báscula el sexo, la fecha de nacimiento y la estatura del adolescente; luego, el participante colocó ambos pies descalzos sobre la base de la báscula, tomó los electrodos para las manos y se obtuvo el cálculo de los componentes.

La valoración del porcentaje de grasa obtenido por bioimpedancia se realizó mediante los parámetros propuestos por Forbes (1987): para hombres: delgado <8.0%, óptimo de 8.1% a 15.9%, ligero sobrepeso de 16.0% a 20.9%, sobrepeso de 21.0% a 24.9%, obesidad ≥ 25.0 ; para mujeres: delgado <15.0%, óptimo de 15.1% a 20.9%, ligero sobrepeso de 21.0% a 25.9%, sobrepeso de 26.0% a 31.9%, obesidad ≥ 32.0 .

La tensión arterial sistólica (TAS) y diastólica (TAD) se determinó mediante el uso de tensiómetros de muñeca (Beurer GmbH, 89077 Ulm, Germany. BC16); el adolescente permaneció sentado en reposo durante cinco minutos previos a la medición. Siguiendo las especificaciones del fabricante, el brazalete se colocó sobre la muñeca izquierda, con la palma de la mano extendida en posición supina y el codo del mismo brazo flexionado y apoyado de modo que el tensiómetro estuviese al mismo nivel del corazón. Se verificó que el monitor del tensiómetro quedase de frente al sujeto valorado antes de activar el proceso automático de medición. Los valores obtenidos correspondieron a TAS, TAD (mm/Hg) y frecuencia cardiaca por minuto (ppm).

La clasificación de la tensión arterial se realizó conforme a los rangos establecidos en la norma oficial mexicana NOM-030-SSA2-1999 (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2009).

La valoración de la glucemia (Glu) se realizó dos horas posteriores a la ingesta del medio día, previo a la incorporación de sus actividades académicas. Mediante muestra de sangre capilar colectada en tira reactiva para prueba de glucosa en glucómetro portátil (Bayer, Contour TS), se obtuvieron valores en mg/dL. Los procedimientos de punción en yema del dedo medio y medición de Glu fueron realizados por personal de enfermería. Los valores obtenidos se clasificaron conforme a valores postprandiales, establecidos en la norma oficial mexicana NOM-015-SSA2-1994 (DOF, 2000).

La evaluación de la ACR se llevó a cabo utilizando el protocolo Tecumseh *step test* (McKenzie, 2005), el cual valora la velocidad con que la frecuencia cardiaca retorna a los valores de reposo luego de un esfuerzo físico moderado estandarizado. Al participante se le indicó no realizar actividad física vigorosa, cuando menos, una hora previa a la prueba. Obligatoriamente, cada participante descansó durante cinco minutos sentado en una silla a temperatura de 22 °C. La frecuencia cardiaca se registró con la ayuda de un monitor (POLAR, modelo A300) y un sensor de ritmo cardiaco (POLAR, modelo H7) que se colocó sobre la piel en la zona medial del tórax a nivel de la porción distal del esternón. Durante tres minutos el participante subió y bajó un escalón de madera de 20 cm de altura a un ritmo de 96 pasos por minuto marcados por un metrónomo con la siguiente secuencia: pie derecho sube, pie izquierdo sube, pie derecho baja, pie izquierdo baja (72 ciclos). Se registró el valor de la frecuencia cardiaca (FC) al minuto 1 posterior al ejercicio, en estado de reposo en posición sedente, el cual se tomó como referencia para establecer el nivel de ACR conforme a lo establecido para adolescentes de 15 a 18 años de edad (Gómez, del Río, Flores & Barajas, 2018).

La evaluación de la aptitud musculoesquelética se realizó a través del valor de la máxima tensión isométrica voluntaria (MTIV) de los segmentos corporales: a) músculos femorales: extensión de rodilla; y b) músculos anteriores y posteriores del brazo: flexión y extensión de codo, utilizando un dinamómetro de espalda (Mod: *Take Back Strength Dynamometer*, 0 kg-300 kg, *Japan*) y graduando la longitud de la cadena para colocar el manubrio a las distintas alturas necesarias para cada ejercicio.

Todos los ejercicios se realizaron con los pies apoyados sobre la base del dinamómetro. La máxima tensión desarrollada en cada ejercicio tuvo una duración no mayor a tres segundos. Los ejercicios consistieron en: a) extensión de rodilla: espalda recta, rodillas flexionadas a 110°, mirada al frente, hombros relajados y extremidades superiores extendidas, manos sujetando el manubrio a nivel de la cintura; se realizó extensión de rodillas con la mayor tensión posible sin perder la postura; b) flexión de codo: espalda recta, hombros extendidos, mirada al frente, antebrazos en posición supina y codo flexionado a 100°, manos sujetando el manubrio; se realizó flexión de codo con la mayor tensión posible sin perder la postura; y c) extensión de codo: de espalda al dinamómetro, tronco recto, mirada al frente y rodillas extendidas, hombros flexionados a nivel de la cara, codos flexionados y antebrazos en posición prona, sujetando el manubrio a nivel de la nuca; se realizó la extensión del codo con la mayor tensión posible sin perder la postura. En cada ejercicio se realizaron dos intentos, considerando para la evaluación el de valor más alto.

El área de corte transversal de los músculos femorales y del brazo se determinó a partir de los valores de las circunferencias corregidas: a) circunferencia muslo media distancia (cm), menos pliegue de muslo frontal (cm); b) circunferencia brazo flexionado (cm), menos pliegue del bíceps (cm); y c) circunferencia brazo flexionado (cm), menos pliegue del tríceps (cm) atendiendo al protocolo establecido por la ISAK (Stewart *et al.*, 2011).

El diámetro de estos tres segmentos se obtuvo restando el valor del pliegue correspondiente al valor obtenido de la razón: circunferencia entre el valor de π ; luego se calculó el área de corte transversal a partir de la fórmula: $(\text{diámetro (cm)} / 2) \times 3.1416$ para obtener el área de un círculo. Las mediciones antropométricas fueron realizadas por personal certificado por la ISAK en el nivel 2.

La eficiencia de la contracción muscular (ECM) de los tres indicadores se obtuvo de la siguiente forma: a) ECM extensión de rodilla = (MTIV en extensión de rodilla / el área de corte transversal del muslo); b) ECM flexión de codo = (MTIV en flexión de codo / el área de corte transversal de brazo flexionado); c) ECM extensión de codo = (MTIV en extensión de codo / el área de corte transversal de brazo flexionado).

El valor de la razón entre la MTIV de cada ejercicio y el área de corte transversal correspondiente al grupo muscular activado durante el mismo ejercicio se consideró para evaluar la AME, ya que esto permite distinguir la contribución del área que contienen los tejidos activos para el movimiento corporal (músculo, tejido conectivo y hueso) con respecto al nivel de tensión desarrollado (ECM).

Dado que no se encontraron rangos de clasificación para el nivel de ECM, se obtuvieron los rangos percentilares de las distribuciones obtenidas en la muestra de estudio, diferenciando hombres de mujeres. Atendiendo a la normalidad de una distribución que concentra al común de los datos cercanos a la media y los datos no comunes alejados de la media, se estableció que los valores menores al percentil 25 denotan bajo nivel en la ECM, del percentil 25 al 75 se consideró nivel normal y mayor al percentil 75 se consideró nivel óptimo.

Los datos registrados se almacenaron y procesaron mediante el paquete estadístico IBM-SPSS v21 de 64 bits. Se obtuvieron las frecuencias para cada categoría conforme a los estándares específicos para porcentaje de grasa, TA, Glu, ACR y AME.

Los resultados se presentan como valores promedio (desviación estándar) en tablas. Para las pruebas de normalidad, comparación entre medias y análisis de regresión se estableció el nivel de significatividad de $p < 0.05$.

La normalidad de las distribuciones obtenidas fue evaluada con la prueba de Shapiro-Wilk. Cuando las distribuciones presentaron normalidad, la diferencia entre dos medias se valoró con la prueba *T student*; en caso contrario, se utilizó la prueba Mann-Whitney.

La relación de los indicadores de aptitud física con los indicadores de salud se determinó mediante análisis de regresión conforme a tres modelos de curva: lineal, exponencial y logarítmico, determinando su significatividad conforme a análisis de varianza de una vía (ANOVA). Para el análisis de esta asociación, se consideró el mejor modelo conforme al valor R y R^2 , además del resultado significativo del ANOVA.

Resultados

Participaron 104 estudiantes (44 hombres y 60 mujeres) del bachillerato 34 de la Universidad de Colima: hombres: edad 16.9 ± 1.3 años, estatura $172.6 \text{ cm} \pm 6.5 \text{ cm.}$, peso $70.8 \text{ kg} \pm 16.9 \text{ kg}$; mujeres: edad 17.3 ± 1.0 años, estatura $157.3 \text{ cm} \pm 5.2 \text{ cm.}$, peso $59.6 \text{ kg} \pm 13.6 \text{ kg}$

Los valores promedio de la TAS y TAD en hombres y mujeres se ubicaron dentro del rango óptimo. Los valores en hombres se distribuyeron en las categorías óptima (46.8%), normal (29.8%), prehipertensión (14.9%) y grado 1 de hipertensión (8.5%); mientras que las mujeres se distribuyeron en las categorías hipotensión (1.6%), óptima (74.2%), normal (16.1%) y prehipertensión (8.1%).

Las concentraciones promedio de glucosa capilar en hombres y mujeres también se ubicaron dentro de los parámetros normales. El porcentaje de grasa en hombres se ubicó dentro del parámetro de ligero sobrepeso y el de las mujeres en el límite del sobrepeso con respecto a obesidad. Por su parte, el valor del IMC en hombres y mujeres se clasificó dentro del rango de peso normal (tabla 1).

Tabla 1. Valores promedio y DS obtenidos en los indicadores generales de salud.

Variable	Hombres	Mujeres	p
TA Sistólica (mm/Hg)	117.3 ± 15.0	107.1 ± 13.0	0.001 ^U
TA Diastólica (mm/Hg)	71.6 ± 9.3	72.4 ± 7.3	0.675 ^U
Glucosa Postprandial (mg/dL)	81.6 ± 13.6	84.2 ± 13.5	0.649 ^U
Peso Corporal (Kg)	70.8 ± 16.9	59.6 ± 13.6	< 0.001 ^U
Masa Grasa (%)	19.1 ± 6.5	31.9 ± 4.3	< 0.001 ^U
Masa Muscular (%)	43.2 ± 5.2	34.5 ± 2.5	< 0.001 ^U
Masa Ósea (Kg)	2.9 ± 5.0	2.4 ± 0.6	< 0.001 ^U
IMC (Kg/m ²)	23.7 ± 5.0	23.9 ± 5.3	0.958 ^U
N válido	41	54	

U: Prueba Mann-Whitney. Significatividad: p < 0.05.

Fuente: Elaboración propia.

En hombres, la distribución de los valores en las categorías de IMC fue 21.3% en bajo peso, 34% en peso adecuado, 23.4% en sobrepeso y 14.9% en obesidad; en las mujeres fue 12.9% en bajo peso, 50% en peso adecuado, 17.7% en sobrepeso, 11.3% en obesidad y 4.8% en obesidad severa.

La frecuencia obtenida en cada categoría del porcentaje de grasa correspondió con lo siguiente: óptimo: hombres 18 (38.3%), mujeres 0 (0.0%); ligero sobrepeso: hombres 9 (19.1%), mujeres 5 (8.1%); sobrepeso: hombres 7 (14.9%), mujeres 32 (51.6%); obesidad: hombres 10 (21.3%), mujeres 23 (37.1%). En la categoría delgado no se registraron casos.

Correspondiente a la ACR, la prueba T *student* detectó diferencias significativas entre hombres y mujeres con relación a las frecuencias cardiacas previas y posteriores al esfuerzo en el protocolo Tecumseh: FC Basal (ppm): hombres 85.9 ± 13.4, mujeres 96.3 ± 13.9 (p < 0.001); FC Final (ppm): hombres 135.34 ± 19.4, mujeres: 153.5 ± 16.9 (p < 0.001); FC Minuto 1 (ppm): hombres 94.7 ± 20.0, mujeres 112.9 ± 21.3 (p < 0.001); FC Minuto 3 (ppm): hombres 93.0 ± 17.3, mujeres 107.2 ± 19.4 (p < 0.001). El 55.3% de los hombres se ubicó dentro de las primeras tres categorías (excelente: 1, muy bueno: 14 y bueno: 11), seguido de regular: 8, bajo: 7 y pobre: 3. Las mujeres, presentaron 27 casos en la categoría baja, que representa el 43.5%, y solo el 27.4% de las mujeres se ubicó dentro de las tres primeras categorías de mejor aptitud. Lo anterior indica que más de dos tercios de la muestra de mujeres presentan ACR inadecuada para la salud.

En la tabla 2 se muestran los valores de la máxima tensión isométrica voluntaria obtenidos para hombres y mujeres en los tres ejercicios establecidos. Los valores obtenidos en hombres son significativamente superiores a los de las mujeres; en consecuencia, la evaluación del desempeño muscular a través del indicador ECM se realizó diferenciando hombres de mujeres.

Tabla 2. Valores de la máxima tensión isométrica voluntaria (Kg) en los ejercicios de evaluación de fuerza.

Variable	Hombres	Mujeres	p
Flexión de hombro	8.9 ± 3.8	3.6 ± 1.6	< 0.001 ^U
Extensión de rodilla	101.3 ± 35.0	48.4 ± 18.0	< 0.001 ^U
Flexión de codo	29.1 ± 8.9	14.8 ± 6.6	< 0.001 ^U
Extensión de codo	21.8 ± 11.1	9.1 ± 5.8	< 0.001 ^U
Press militar	49.2 ± 18.5	22.6 ± 9.2	< 0.001 ^U
N válido	46	60	

U: Prueba Mann-Whitney. Significatividad: p < 0.05.

Fuente: Elaboración propia.

Los rangos percentilares obtenidos de las distribuciones de ECM en hombres y mujeres se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Rangos percentilares para valorar la ECM en los indicadores: extensión de rodilla, flexión de codo y extensión de codo.

Variable	5	10	25	50	75	90	95
Hombres							
Extensión de rodilla (Kg/cm ²)	0.266	0.320	0.375	0.541	0.705	0.833	0.986
Flexión de codo (Kg/cm ²)	0.260	0.271	0.387	0.435	0.480	0.582	0.706
Extensión de codo (Kg/cm ²)	0.150	0.175	0.237	0.297	0.416	0.656	0.748
Mujeres							
Extensión de rodilla (Kg/cm ²)	0.071	0.114	0.166	0.278	0.354	0.507	0.692
Flexión de codo (Kg/cm ²)	0.166	0.174	0.217	0.272	0.334	0.411	0.506
Extensión de codo (Kg/cm ²)	0.058	0.087	0.116	0.174	0.270	0.418	0.478

Fuente: Elaboración propia.

En la ECM extensión de rodilla se observó mayor frecuencia de hombres dentro de la categoría óptimo (31.1%) en comparación con las mujeres (25.9%). Por otro lado, ellas presentaron mayor frecuencia en la categoría débil (24.1%) en comparación con los hombres (17.8%). En la ECM flexión de codo y ECM extensión de codo se observaron distribuciones similares entre ambos sexos (tabla 4).

Tabla 4. Distribución de la eficiencia de la contracción muscular conforme a tres categorías obtenidas de los rangos percentilares para hombres y mujeres.

Variable	Categoría	Hombres		Mujeres	
Extensión de rodilla (Kg/cm ²)	Débil	8	17.8%	14	24.1%
	Normal	23	51.1%	29	50%
	Óptimo	14	31.1%	15	25.9%
Flexión de codo (Kg/cm ²)	Débil	10	22.2%	13	22.4%
	Normal	23	51.1%	29	50%
	Óptimo	12	26.7%	16	27.6%
Extensión de codo (Kg/cm ²)	Débil	7	15.6%	9	15.5%
	Normal	27	60%	34	58.6%
	Óptimo	11	24.4%	15	25.9%

ECM: Eficiencia de la contracción muscular. Débil: valor < percentil 25; Normal: valor ≥ percentil 25 y valor ≤ percentil 75; Óptimo: valor > percentil 75.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de los análisis de regresión de la ACR e indicadores generales de salud fueron diferenciados por sexo. La tabla 5 presenta el mejor modelo de la curva, el nivel de asociación (R), el efecto de la variable independiente sobre la dependiente (R²) y la significatividad estadística de la asociación (p) en hombres y mujeres, respectivamente.

En los hombres, los indicadores TAS, TAD, peso corporal y masa grasa presentaron asociaciones directas, moderadas y significativas (p < 0.05) con la frecuencia cardíaca al minuto 1 posterior al ejercicio, mientras que los valores de agua corporal y masa muscular presentaron asociación significativa, moderada, pero inversa (tabla 5). Los resultados indican que, a menor velocidad de recuperación de la frecuencia cardíaca, se presenta mayor valor en TAS, TAD, peso corporal y masa grasa, pero menores valores de agua corporal y masa muscular.

Con respecto a las mujeres, solamente se detectó asociación directa débil, pero significativa, entre la frecuencia cardíaca al minuto 1 posterior al ejercicio y la masa grasa (tabla 5). Esto indica que a menor

velocidad de recuperación de la frecuencia cardiaca, mayor porcentaje de grasa. En este estudio la ACR no presentó asociación significativa con Glu, masa ósea o IMC, ni en hombres ni en mujeres.

Tabla 5. Asociación del valor del minuto 1 luego del ejercicio en protocolo Tecumseh con indicadores de generales de salud.

Indicadores	Hombres			Mujeres		
	R	R ²	p	R	R ²	p
TAS (mm/Hg)	0.452 <i>Log</i>	0.204	0.003*	0.053 <i>Log</i>	0.003	0.706
TAD (mm/Hg)	0.435 <i>Log</i>	0.189	0.004*	0.026 <i>Lin</i>	0.001	0.853
Glu Postprandial (mg/dL)	0.112 <i>Exp</i>	0.013	0.484	0.149 <i>Exp</i>	0.022	0.286
Peso Corporal (Kg)	0.318 <i>Log</i>	0.101	0.043*	0.132 <i>Exp</i>	0.017	0.346
Masa Grasa (%)	0.384 <i>Log</i>	0.147	0.013*	0.275 <i>Exp</i>	0.076	0.046*
Agua Corporal (%)	-0.381 <i>Exp</i>	0.145	0.014*	0.229 <i>Lin</i>	0.052	0.100
Masa Muscular (%)	-0.385 <i>Exp</i>	0.148	0.013*	0.202 <i>Lin</i>	0.041	0.147
Masa Ósea (Kg)	0.243 <i>Lin</i>	0.059	0.126	0.092 <i>Exp</i>	0.009	0.510
IMC	0.309 <i>Log</i>	0.095	0.050	0.093 <i>Log</i>	0.009	0.507

Log: Modelo logarítmico; Exp: Modelo exponencial; Lin: Modelo lineal.

p: ANOVA; Significatividad estadística del modelo de regresión: p < 0.05.

TAS: Tensión arterial sistólica; TAD: Tensión arterial diastólica; IMC: Índice de masa corporal.

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, la relación entre la AME valorada desde la ECM, con los indicadores generales de salud, solamente en la ECM de extensión de rodilla y flexión de codo se detectaron asociaciones significativas.

En hombres, el valor de ECM de extensión de rodilla se asoció significativamente a TAD y Glu. La relación detectada con TAD fue inversa, lo que indica que a mayor valor de ECM en extensión de rodilla, menor valor en TAD; por el contrario, la relación detectada con Glu es directa, indicando que a mayor valor de ECM, mayor valor de Glu. Con respecto a las mujeres, el valor de ECM de extensión de rodilla se asoció significativamente de manera inversa con el porcentaje de masa grasa y de manera directa al porcentaje de masa muscular. Este resultado indica que, a mayor valor de ECM a nivel del muslo, se presenta menor porcentaje de grasa corporal y mayor porcentaje de masa muscular (tabla 6).

Tabla 6. Asociación de aptitud musculoesquelética (ECM extensión de rodilla) e indicadores generales de salud.

Indicadores	Hombres			Mujeres		
	R	R ²	p	R	R ²	p
TAS (mm/Hg)	0.279 <i>Log</i>	0.078	0.081	0.156 <i>Log</i>	0.024	0.269
TAD (mm/Hg)	-0.439 <i>Lin</i>	0.192	0.005*	0.219 <i>Lin</i>	0.048	0.119
Glu Postprandial (mg/dL)	0.532 <i>Exp</i>	0.283	0.000*	0.117 <i>Exp</i>	0.014	0.409
Peso Corporal (Kg)	0.273 <i>Lin</i>	0.075	0.088	0.110 <i>Log</i>	0.012	0.438
Masa Grasa (%)	0.286 <i>Lin</i>	0.082	0.073	- 0.303 <i>Exp</i>	0.092	0.029*
Agua Corporal (%)	0.280 <i>Exp</i>	0.078	0.080	0.073 <i>Exp</i>	0.005	0.605
Masa Muscular (%)	0.292 <i>Exp</i>	0.085	0.068	0.418 <i>Lin</i>	0.175	0.002*
Masa Ósea (Kg)	0.229 <i>Lin</i>	0.053	0.155	0.063 <i>Log</i>	0.004	0.656
IMC (Kg/m ²)	0.261 <i>Lin</i>	0.068	0.104	0.153 <i>Log</i>	0.023	0.278

Log: Modelo logarítmico; Exp: Modelo exponencial; Lin: Modelo lineal.

p: ANOVA; Significatividad estadística: p < 0.05.

TAS: Tensión arterial sistólica; TAD: Tensión arterial diastólica; IMC: Índice de masa corporal.

Fuente: Elaboración propia.

Para la ECM de flexión de codo, en los hombres se encontró asociación inversa, moderada y significativa en TAS, TAD, peso y grasa corporal, IMC y peso óseo (figura 1).

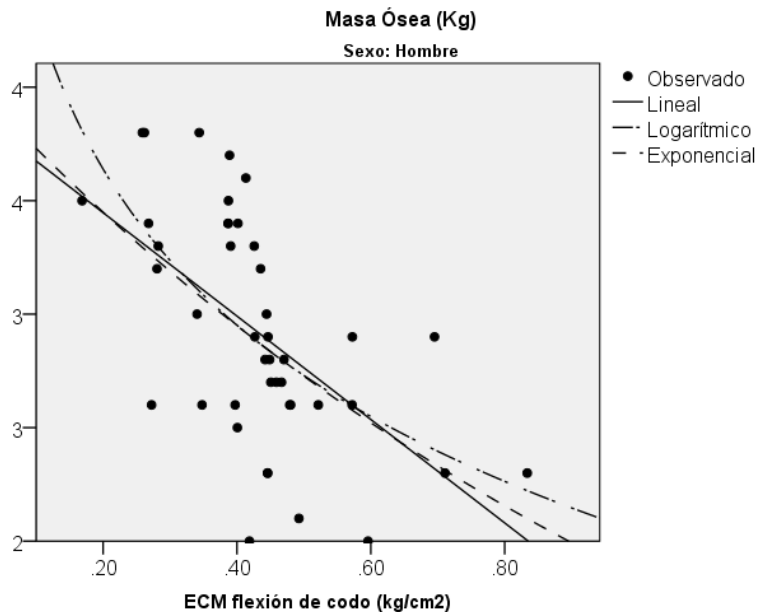


Figura 1. Dispersión de los puntos de intersección entre la masa ósea y la ECM de flexión de codo.
Fuente: Elaboración propia.

También se observa que, a mayor valor en esta prueba, menores valores de tensión arterial sistémica, indicadores de adiposidad y contenido mineral óseo; mientras que para agua corporal y masa muscular se detectó asociación directa significativa. En las mujeres se observó asociaciones inversas moderadas y

significativas en peso, grasa corporal e IMC, indicando que a menor ECM, mayor valor de adiposidad en cada uno de estos indicadores, además de una asociación directa con agua y masa muscular, es decir, a mayor ECM flexión de codo, mayor porcentaje de tejido muscular y tejido magro (tabla 7).

Tabla 7. Asociación de aptitud musculoesquelética (ECM en flexión de codo) e indicadores de generales de salud.

Indicadores	Hombres			Mujeres		
	R	R ²	p	R	R ²	p
TAS (mm/Hg)	-0.334 <i>Log</i>	0.112	0.035*	0.074 <i>Log</i>	0.006	0.600
TAD (mm/Hg)	-0.432 <i>Log</i>	0.187	0.005*	0.059 <i>Lin</i>	0.003	0.679
Glu Postprandial (mg/dL)	0.193 <i>Exp</i>	0.037	0.234	0.054 <i>Exp</i>	0.003	0.706
Peso Corporal (Kg)	-0.607 <i>Log</i>	0.368	0.000*	- <i>Log</i>	0.115	0.014*
Masa Grasa (%)	-0.522 <i>Log</i>	0.273	0.001*	- <i>Log</i>	0.242	0.000*
Agua Corporal (%)	0.504 <i>Log</i>	0.254	0.001*	0.351 <i>Log</i>	0.123	0.011*
Masa Muscular (%)	0.522 <i>Log</i>	0.273	0.001*	0.454 <i>Log</i>	0.206	0.001*
Masa Ósea (Kg)	-0.603 <i>Log</i>	0.364	0.000*	0.262 <i>Log</i>	0.089	0.060
IMC	-0.550 <i>Log</i>	0.303	0.000*	-0.341 <i>Log</i>	0.116	0.013*

Log: Modelo logarítmico; Exp: Modelo exponencial; Lin: Modelo lineal.

p: ANOVA; Significatividad estadística: p < 0.05.

TAS: Tensión arterial sistólica; TAD: Tensión arterial diastólica; IMC: Índice de masa corporal.

Fuente: Elaboración propia.

La asociación de la ECM en extensión del codo con los indicadores de salud fue débil y no significativa en ambos sexos.

Discusión

Bustamante & Maia (2013) indentificaron que el bajo nivel de ACR durante la niñez y adolescencia es un determinante significativo de sobrepeso y obesidad. Además, a edades tempranas, el bajo desarrollo de los mecanismos funcionales y metabólicos aerobios que condicionan el nivel de ACR se asocia con mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares y metabólicas en la edad adulta, incluso aun cuando no se presente sobrepeso y obesidad (Gualteros, Torres, Umbarila-Espinosa, Rodríguez-Valero & Ramírez-Vélez, 2015). También, Ortega, Ruiz, Castillo & Sjöström (2008), citados por Borrás, Vidal, Ponseti, Cantalops & Palou (2011), establecieron que los beneficios de un buen nivel de ACR corresponden a un menor riesgo de diabetes tipo II.

En la muestra de estudio se observó un contraste muy evidente en el desarrollo de la ACR entre ambos sexos; las mujeres presentan sustancialmente menor desarrollo de esta aptitud, lo cual las hace más susceptibles a los riesgos que tal condición implica, en comparación con los hombres, quienes presentan un desarrollo que va de normal a alto.

Con base en sus propias evidencias, Ortega et al. (2008), citados por Pere et al. (2011), mencionan que para adquirir y mantener los beneficios de una buena ACR es necesario que los niños y jóvenes acumulen un promedio de, cuando menos, 60 minutos por día de ejercicio intenso y hasta varias horas de ejercicio a intensidad moderada; las actividades aerobias deben constituir la mayor parte de la actividad física. Siguiendo este planteamiento, se puede inferir que la mayoría de las adolescentes colimenses

evaluadas llevan vidas sedentarias, por lo que es necesario instrumentar estrategias atractivas que contribuyan al desarrollo de ejercicio físico adecuado en el ambiente escolar y extraescolar.

Reportes indican que el valor de la TAS y TAD obtenido mediante tensiómetros de muñeca pueden verse sensiblemente afectados por el grado de flexión de la articulación (Kikuya, Chonan, Imai, Goto & Ishii, 2002). En este estudio se midió en todos los casos la TA con la articulación de la muñeca en extensión, y en la misma posición se mantuvo toda la estructura articular de la mano. Además, la relación encontrada entre la TAS y TAD con el nivel de ACR entre los hombres se corresponde con lo expuesto por Gualteros *et al.* (2015) y Ortega *et al.* (2008), donde los jóvenes con mayor nivel de ACR presentan mejor estado funcional del sistema cardiovascular.

Por otra parte, la relación entre peso corporal y masa grasa con la ACR observada en los hombres también concuerda con lo ya reportado por Bustamante & Maia (2013): a mayor nivel de ACR, menor porcentaje de grasa y peso corporal. Un estilo de vida físicamente activo mejorará la ACR y mantendrá adecuados niveles de adiposidad corporal.

Con respecto a las mujeres, el 54.8% se ubicó dentro de las categorías pobre y baja para ACR; el análisis estadístico no indicó asociación significativa entre el nivel de ACR y los valores de TAS y TAD. Los valores promedio de TAS y TAD en las mujeres se ubicaron en la categoría normal, esto indica que la ACR y la tensión arterial son variables que no se encuentran asociadas en las mujeres a esta edad; sin embargo, Carnethon, Gulati & Greenland (2005) reportaron que la presión arterial sistólica es más alta en mujeres adolescentes cuya ACR es baja. Estas evidencias con resultados opuestos hacen necesario continuar desarrollando estudios en adolescentes sobre ACR y tensión arterial.

Rossato, de Moraes, Da Silva, Araújo & Rodrigues (2017) detectaron en adolescentes de la ciudad de Sao Paulo que el IMC mostró ser un fuerte predictor de ACR baja. En este estudio, ni en hombres ni en mujeres se detectó asociación significativa del IMC con respecto a ACR. Cabe mencionar que el IMC no distingue si el incremento del peso corporal se debe al aumento de tejido adiposo o al incremento del tejido muscular, el cual se ve beneficiado por los cambios hormonales de la adolescencia, sobre todo en los hombres (Ramos, Frontera, Llopart & Feliciano, 1998), (Neu, Rauch, Rittweger, Manz & Schoenau, 2002).

Aunque, con respecto a la composición corporal, sí se encontró asociación inversa y significativa entre la ACR y el porcentaje de grasa en ambos sexos, la mayor parte de las mujeres se encontraron con porcentajes de grasa altos (sobrepeso 51.6% y obesidad 37.1%), lo que correspondió con mayor deterioro de la ACR en este mismo grupo. Puede inferirse que esta relación se genera por sedentarismo, baja actividad física que ocasiona acumulación de tejido graso y disminución de la capacidad cardiorrespiratoria. Rossato *et al.* (2017) encontraron que el tener televisor en la habitación se asocia con aumento de masa grasa, aumento de circunferencia de la cintura y sobrepeso en mujeres adolescentes, además de ser susceptibles a bajo nivel de ACR.

El estudio de Ferrari, Trapp, Meil & de Aguiar (2010) sostienen que cuanto mayor sea el grado de obesidad, mayor será el riesgo de hiperlipidemias, hiperglucemia, alteraciones de la presión arterial y, a largo plazo, complicaciones cardiovasculares.

La asociación inversa y significativa encontrada entre el agua corporal y la masa muscular con respecto a la velocidad de recuperación que indica el nivel de ACR, en los hombres, puede explicarse por el alto contenido de agua del tejido muscular esquelético, el cual se mantiene en buen estado morfofuncional llevando un estilo de vida activo, mismo que promueve el mantenimiento adecuado de la ACR.

Con respecto a la AME, no se encontraron en la literatura estándares clasificatorios con respecto a la tensión muscular desarrollada por distintos segmentos corporales, por lo que los resultados obtenidos representan una aportación inicial que hace este trabajo para futuros análisis o estudios del desempeño muscular vinculado a la salud en la adolescencia.

Rodrigues, Mahecha, Machado & Raso (2014) reportaron que el bajo desempeño muscular se relaciona con dislipidemias, rigidez arterial, obesidad y menor capacidad cardiorrespiratoria en etapas tempranas de la vida.

La relación directa entre la ECM de extensión de rodilla y los valores de Glu encontrada en hombres no indican que esto conlleve a un estado alterado del metabolismo de la glucosa, dado que ninguno de los estudiantes superó los 140 mg/dL establecido como límite para la glucosa en estado postprandial; por el contrario, los datos encontrados indican niveles bajos de Glu cuando el valor de ECM en extensión de rodilla es bajo. Esto explica por qué se tiene bien identificado que la hipertrofia muscular solo se logra mediante la contracción muscular que supera cargas superiores a las habituales como las que ocurren durante el entrenamiento físico; además, también se ha establecido que la contracción muscular favorece el transporte de glucosa durante el ejercicio y posterior a este. Dos Santos, Benite-Ribeiro, Reis, Appell & Duarte (2008) proponen que la contracción muscular produce interacción directa de proteína cinasa activada por AMP (AMPK), la cual se incrementa en la célula muscular durante el ejercicio, sobre la molécula sustrato AKT de 160 kDa (AS160), que participa en la translocación del transportador de glucosa GLUT4. Esta propuesta se ha ido fortaleciendo por resultados de otras investigaciones. Por ejemplo, Jaiswal *et al.* (2019) han descartado la participación de elementos importantes de la cascada de señalización de la insulina como AKT. Por otra parte, también se han presentado evidencias sólidas de que el ejercicio físico es un estímulo potente para la expresión del gen GLUT4 mediante AMPK y la molécula calcio calmodulina dependiente de proteína cinasa muscular (CaMKII) (Richter & Hargreaves, 2013). Por lo anterior, se puede considerar que valores adecuados de Glu pueden ser consecuencia del buen desarrollo de la ECM, producto de una vida físicamente activa.

Sin embargo, se debe considerar que la determinación de Glu a nivel capilar puede verse afectada por varios factores. Bajo nivel de hematocrito, estado posprandial menor a 60 minutos y algunos fármacos, como el acetaminofen, producen valores elevados de las concentraciones de glucosa capilar, mientras que la hipotensión arterial y altas concentraciones plasmáticas de triacilglicéridos producen valores menores a los obtenidos en sangre arterial o venosa. Además, se estima que el valor de Glu en sangre entera es entre 10% y 15% menor al que se obtiene a partir de plasma (Kotwal & Pandit, 2012).

Se tienen evidencias de que la testosterona contribuye al consumo de glucosa a nivel celular vía transporte de Glut4 (Wilson, 2011). Falkner, Hulman & Kusher (1994) identificaron que la razón testosterona-estradiol presenta correlación significativa con glucosa en plasma, insulina, razón insulina/glucosa y tensión arterial, evidenciando diferencias de sexo en los niveles de insulina y sensibilidad a la insulina. Esto podría explicar, en parte, la relación significativa entre ECM de extensión de rodilla con TAD y Glu encontrada en los hombres, mas no así en las mujeres.

En hombres y mujeres se observó asociación inversa de la ECM en extensión de rodilla con el porcentaje de grasa y asociación directa con el porcentaje de masa muscular, pero solo en las mujeres se alcanzó significatividad estadística ($p < 0.05$); los hombres presentaron valores de significatividad estadística marginales.

La hipertrofia es un condicionante de la fuerza y la ECM. Vingren *et al.* (2010) han reportado que la testosterona es la hormona anabolizante que favorece más a los hombres el desarrollo muscular ante el estímulo del ejercicio. Se puede considerar que el menor número de participantes hombres, en

comparación al número de participantes mujeres en este estudio, puede ser la principal causa por la que la asociación en los hombres no haya alcanzado la significatividad estadística esperada.

En este estudio la ECM de flexión de codo resultó asociado a mayor número de indicadores de salud en hombres y mujeres, lo que hace a la prueba de flexión de codo un buen candidato para la valoración de la aptitud física asociada a la salud entre los adolescentes.

En los hombres, a mayor valor de ECM de flexión de codo, menor valor en TAS, TAD e indicadores de adiposidad, así como mayor porcentaje de masa muscular y contenido de agua corporal. La masa muscular es el tejido que más contenido de agua presenta, aunque también se detectó menor peso óseo conforme se incrementa el valor de ECM en flexión de codo. Este fue un resultado no esperado, considerando que se ha reportado una R^2 de 0.60 a 0.95 entre el tejido muscular y óseo desde la infancia hasta la edad adulta, así como a la actividad física como principal estimulador de la expansión perióstica que genera huesos más anchos (Russo, 2009).

Con respecto a las mujeres, la ECM de flexión de codo indicó que un buen desempeño muscular se asocia a menores valores de adiposidad y mayor masa muscular, lo cual está vinculado a un perfil saludable.

El tejido muscular es sensible de adaptación con respecto al grado y tipo de esfuerzo físico que se realiza de manera cotidiana. De manera habitual, la valoración de la AME se ha limitado a la evaluación de la tensión de mano; su resultado solo puede atribuirse a un pequeño grupo muscular que no representa el estado funcional general de todo el tejido muscular corporal. Los hallazgos encontrados en este estudio respecto a la AME valorada a través de la ECM en diferentes segmentos musculares permiten establecer asociación significativa de algunos grupos musculares como los del muslo y los flexores del codo con indicadores de salud entre los adolescentes. Se puede visualizar que, a través de la ECM de distintos grupos musculares (muslo y flexión de brazo), la valoración de la AME se hace más precisa y trasciende de la aplicación en el rendimiento deportivo hacia el enfoque de la salud que también puede incluir a niños, adultos y personas de la tercera edad. La valoración de la AME mediante la ECM representa un campo de estudio a explorar para diversos marcadores de salud en diferentes segmentos poblacionales, condiciones de salud y nutrición. En este estudio se valoraron adolescentes estudiantes de bachillerato. Para poder confirmar el vínculo de la ECM en muslo y flexores del codo con indicadores de salud y comprender los mecanismos fisiológicos involucrados es necesario obtener evaluaciones de grupos de adolescentes que se desenvuelven en diferentes contextos en diseños de estudio descriptivo y experimental.

Conclusiones

Puede establecerse que la valoración de los componentes de la aptitud física vinculados a la salud, mediante los protocolos utilizados, sí refleja el estado de salud general del estudiante adolescente con respecto a su funcionamiento cardiovascular, glucémico y exceso de tejido adiposo, indicadores de salud que comienzan a verse alterados cuando comienza el desarrollo de las enfermedades crónicas no transmisibles. Resulta interesante para una futura investigación valorar la representatividad de estos protocolos con indicadores de salud bioquímicos, como el perfil lipídico, concentración de hemoglobina y hematocrito, los cuales también son metabolitos cuyas concentraciones describen mucho del estado funcional.

Con respecto a la aptitud física, es la ACR la que se encuentra más deteriorada entre los adolescentes colimenses, además del sobrepeso y obesidad que se focaliza entre las mujeres; esto requiere de urgente atención para evitar poblaciones de adultos jóvenes con alta incidencia de padecimientos degenerativos asociados al sedentarismo

Es necesario valorar el entorno social en que particularmente se desenvuelven los bachilleres colimenses, así como revisar los mecanismos actuales de promoción y estrategias educativas para el desarrollo del hábito por la actividad física entre los adolescentes. Combatir el sobrepeso y la obesidad entre las mujeres, así como el deterioro de la ACR de la población adolescente en general, a través de acciones educativas que permitan a los jóvenes adquirir patrones de conducta físicamente activas, es el mayor reto en salud pública y educación que se tiene para este grupo poblacional.

Al identificar las cualidades de aptitud física y el estado de salud de los adolescentes se podrán identificar de manera más precisa sus necesidades y, a partir de ello, diseñar estrategias más adecuadas para su atención, con el fin de presentarlas ante las instancias gubernamentales educativas y de salud para su consideración e implementación.

Agradecimientos

Al Mtro. Gabriel Navarro Márquez y todo el personal académico y administrativo del Bachillerato Técnico No.34 de la Universidad de Colima, por las facilidades y apoyo para el desarrollo del proyecto. A los estudiantes y padres de familia participantes en este estudio por su confianza y apoyo.

Referencias

- Arango, C. M., Parra, D. C., Gómez, L. F., Lema, L., Lobelo, F., & Ekelund, U. (2014). Screen time, cardiorespiratory fitness and adiposity among school-age children from Monteria, Colombia. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(5), 491-495. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.09.010>
- Borras, P. A., Vidal, J., Ponseti, X., Cantalops, J., & Palou, P. (2011). Predictors of quality of life in children. *Journal of Human Sport & Exercise*, 6(4), 1-8. doi: <https://doi.org/10.4100/jhse.2011.64.08>
- Bustamante, A., & Maia, J. (2013). Estatus ponderal y aptitud cardiorrespiratoria en escolares de la región central del Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 30(3), 399-407. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342013000300005
- Carnethon, M. R., Gulati, M., & Greenland, P. (2005). Prevalence and cardiovascular disease correlates of low cardiorespiratory fitness in adolescents and adults. *Journal of American Medical Association*, 294(23), 2981-2988. doi: <https://doi.org/10.1001/jama.294.23.2981>
- Cornelissen, V. A., & Smart, N. A. (2013). Exercise training for blood pressure: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Heart Association*, 2(1), 1-9. doi: <https://doi.org/10.1161/JAHA.112.004473>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (07 de abril de 2000). MODIFICACIÓN a la Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-1994, Para la prevención, tratamiento y control de la diabetes mellitus en la atención primaria para quedar como Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-1994, Para la prevención, tratamiento y control de la diabetes. Secretaría de Salud (SSA). <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/m015ssa24.html>

- Diario Oficial de la Federación (DOF) (24 de noviembre de 2009). *Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-030-SSA2-1999, Para la prevención, tratamiento y control de la hipertensión arterial, para quedar como Norma Oficial Mexicana NOM-030-SSA2-2009, Para la prevención, detección, diagnóstico, tratamiento y control de la hipertensión arterial sistémica*. Secretaría de Salud (SSA). http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5144642
- Dos Santos, J. M., Benite-Ribeiro, S. A., Reis, A., Appell, H. J., & Duarte, J. A. (2008). Skeletal muscle pathways of contraction-enhanced glucose uptake. *International Journal of Sports Medicine*, 29(10), 785-794. doi: <https://doi.org/10.1055/s-2008-1038404>
- Falkner, B., Hulman, S., & Kushner, H. (1994). Gender differences in insulin-stimulated glucose utilization among African-Americans. *American Journal of Hypertension*, 7(11), 948-952. doi: <https://doi.org/10.1093/ajh/7.11.948>
- Ferrari, M. S., Trapp, P., Meil, M. A., & de Aguiar, J. A. (2010). Cardiovascular risks in adolescents with different degrees of obesity. *Arquivos Brasileiros de cardiologia*, 96(3), 205-210. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0066-782X2010005000166>
- Forbes, G. B. (1987). *Human body composition. Grow, aging, nutrition, and activity*. New York, New York, USA: Springer-Verlag New York Inc.
- Gómez, E., del Río, J. E., Flores, P. J., & Barajas, L. T. (2018). Nivel de aptitud cardiorrespiratoria en adolescentes Colimenses. En G. Torres-Acuña, I. J. Toledo, F. I. García, & J. F. Lozoya (Eds.), *Bienestar físico y psicosocial en contextos escolares* (pp. 29-39). México: Fontamara.
- Gonçalves, R., & Pinto, D. (2016). Physical activity, sedentary behavior, cardiorespiratory fitness and metabolic syndrome in adolescents: Systematic review and meta-analysis of observational evidence. *PLOS ONE*, 11(12), e0168503. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168503>
- Gualteros, J. A., Torres, J. A., Umbarila-Espinosa, L. M., Rodríguez-Valero, F. J., & Ramírez-Vélez, R. (2015). Una menor condición física aeróbica se asocia con alteraciones del estado de salud en niños y adolescentes de Bogotá, Colombia. *Endocrinología y Nutrición*, 62(9), 437-446. doi: <https://doi.org/10.1016/j.endonu.2015.05.011>
- Heyward, V. H. (2008). *Evaluación, aptitud física y prescripción del ejercicio*. España: Medica Panamericana.
- Institute of Medicine. (2012). Fitness measures and health outcomes in youth. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK241310/> doi: <https://doi.org/10.17226/13483>
- Jaiswal, N., Gavin, M. G., Quinn III, W. J., Luongo, T. S., Gelfer, R. G., Baur, J. A., & Titchenell, P. M. (2019). The role of skeletal muscle AKT in the regulation of muscle mass and glucose homeostasis. *Molecular metabolism*, 28, 1-13. doi: <https://doi.org/10.1016/j.molmet.2019.08.001>
- Johnson, B. L., & Nelson, J. K. (1969). *Practical measurements for evaluation in physical education*. Nueva York: Macmillan Publishing Company .
- Kikuya, M., Chonan, K., Imai, Y., Goto, E., & Ishii, M. (2002). Accuracy and reliability of wrist-cuff devices for self-measurement of blood pressure. *Journal of Hypertension*, 20(4), 629-638. https://journals.lww.com/jhypertension/Abstract/2002/04000/Accuracy_and_reliability_of_wrist_cuff_devices_for.19.aspx
- Kotwal, N., & Pandit, A. (2012). Variability of capillary blood glucose monitoring measured on home glucose monitoring devices. *Indian Journal of Endocrinology Metabolism*, 16(2), 248-251. doi: <https://doi.org/10.4103/2230-8210.104052>
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2010). *Exercise physiology. Nutrition, energy and human performance* (7th ed.). Baltimore, USA: Lippincot, Williams & Wilkins.
- McKenzie, B. (2005). *101 Performance evaluation tests*. London: United Kingdom. <https://poruniskamab.github.io/download/101.pdf>
- Neu, C. M., Rauch, F., Rittweger, J., Manz, F., & Schoenau, E. (2002). Influence of puberty on muscle development at the forearm. *American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism*, 283(1), 103-107. doi: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00445.2001>
- Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., & Sjöström, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: A powerful marker of health. *International Journal of Obesity*, 32, 1-11. doi: <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>

- Ramos, E., Frontera, W. R., Llopart, A., & Feliciano, D. (1998). Muscle strength and hormonal levels in adolescents: Gender related differences. *International Journal of Sports Medicine*, 19(8), 526 - 531. doi: <https://doi.org/10.1055/s-2007-971955>
- Richter, E. A., & Hargreaves, M. (2013). Exercise, GLUT4, and skeletal muscle glucose uptake. *Physiological Reviews*, 93(3), 993-1017. doi: <https://doi.org/10.1152/physrev.00038.2012>
- Rodrigues, V. K., Mahecha, S., Machado, L. F., & Raso, V. (2014). Handgrip strength as a predictor of physical fitness in children and adolescents. *Revista Brasileira of Cineantropometria y Desempenho Humano*, 17(1), 2-8. doi: <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2015v17n1p1>
- Rossato, E., de Moraes, G. L., Da Silva, J. P., Araújo, T. L., & Rodrigues, V. K. (2017). Lifestyle indicators and cardiorespiratory fitness in adolescents. *Revista Paulista de Pediatria*, 35(1), 61-68. doi: <https://doi.org/10.1590/1984-0462/2017/35;1;00016>
- Roy, T. C., Springer, B. A., McNulty, V., & Butler, N. L. (2010). Physical fitness. *Military Medicine*, 175(8), 14-20. doi: <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-10-00058>
- Russo, C. R. (2009). The effects of exercise on bone. Basic concepts and implications for the prevention of fractures. *Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism*, 6(3), 223-228. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2811354/>
- Sandoval, E. S., Guillen, N., & Gómez, E. (2017). *Asociación del nivel de aptitud cardiorrespiratoria con el tiempo destinado a la realización de las diferentes ocupaciones habituales de una muestra de adolescentes entre 15 y 18 años de edad, estudiantes de bachillerato en la ciudad de Colima (Tesis de Licenciatura)*. Universidad de Colima, Colima.
- Soto-Estrada, G., Moreno-Altamirano, L., & Pahua, D. (2016). Panorama epidemiológico de México, principales causas de morbilidad y mortalidad. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 59(6), 8-22. doi: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422016000600008
- Stewart, A. D., Marfell-Jones, M., Olds, T., & De Ridder, J. H. (2011). *International standards for anthropometric assessment*. Portsmouth, United Kingdom: International Society for the Advancement of Kinanthropometry.
- Vingren, J. L., Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., Anderson, J. M., Volek, J. S., & Maresh, C. M. (2010). Testosterone physiology in resistance exercise and training. *Sports Medicine*, 40, 1037-1053. doi: <https://doi.org/10.2165/11536910-000000000-00000>
- Warburton, D. E. R., Whitney, C., & Bredin, S. S. D. (2006). Health benefits of physical activity: The evidence. *CMAJ*, 174(6), 801-809. doi: <https://doi.org/10.1503/cmaj.051351>
- Wilson, C. A. (2011). *Efecto de la testosterona en la captación de glucosa dependiente del transportador GLUT4 a través del eje de señalización CaMKII/AMPK en cardiomiocitos* (Memoria de Título para Licenciatura). Universidad de Chile, Chile. http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/112096/wilson_ca.pdf?sequence=1&isAllowed=y