
ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN NIÑOS Y DIABETES

Trabajo Fin de Grado



ALUMNO: CARLOS PRIOR PÉREZ

TUTOR ACADÉMICO: JOSE LUIS HERNÁNDEZ DAVÓ

CURSO ACADÉMICO: 2017-2018

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MÉTODOS.....	3
3. CUADRO RESUMEN.....	5
4. CONCLUSIONES.....	7
5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.....	9
6. REFERENCIAS.....	10



INTRODUCCIÓN

Se estima que alrededor de un 8,5% de la población mundial tiene diabetes, esto quiere decir que es una enfermedad que afecta a muchas personas y esta tendencia se está viendo agravada con el paso de los años, por lo que hay que tomar medidas sobre todo a edades tempranas (Informe Mundial sobre la Diabetes, OMS, 2016).

La diabetes es una enfermedad en la que los niveles de glucosa de la sangre son muy elevados, de manera persistente o crónica, debido a un defecto en la producción de insulina, a una resistencia a la acción de ésta para utilizar la glucosa, a un aumento en la producción de glucosa o a una combinación de estas tres causas. La insulina es una hormona producida por el páncreas que ayuda a la glucosa a entrar a las células para suministrarles energía. En la diabetes juvenil, o diabetes tipo I, el páncreas no es capaz de producir insulina por lo que, si no se suministra insulina de forma externa, la glucosa queda en la sangre produciéndose un exceso de ésta. La diabetes tipo I suele darse antes de los 30 años, y solo 1 de cada 20 personas diabéticas tiene diabetes tipo I, siendo más frecuente en niños y adolescentes. Sabiendo que la diabetes tipo I es una enfermedad de origen genético y no se puede prevenir, habrá que utilizar estrategias basadas en la actividad física o nutricionales con el objetivo de prevenir la diabetes tipo II (Informe Mundial sobre la Diabetes, OMS, 2016).

Actualmente la diabetes tipo II, en la que el cuerpo no produce o no utiliza la insulina de forma adecuada, es muy común en niños y adolescentes. La principal causa de la diabetes tipo II en jóvenes es la obesidad o el sobrepeso (YoonMyung Kim, y HaNui Park, 2013). Este es un factor de riesgo que se debe controlar desde la infancia.

Hay factores de riesgo no modificables como podrían ser la dotación genética, el origen étnico y la edad. Pero hay otros como el sobrepeso y la obesidad, la alimentación, la actividad física y el tabaquismo que son modificables. La adiposidad abdominal, es decir, acumular grasa en el abdomen es un factor de riesgo para desarrollar diabetes tipo II, ya que está relacionada con la resistencia a la insulina (Sunghwan Suh, In-Kyong Jeong, Mi Yeon Kim, Yeon Soo Kim, Sue Shin, Sun Sin Kim, Jae Hyeon Kim, 2011).

Los problemas que se asocian con la diabetes son numerosos. Un nivel elevado de glucosa en sangre puede causar problemas en riñones, nervios, pies u ojos. Tener diabetes aumenta el riesgo de presentar enfermedades cardíacas, obesidad, siendo una de las primeras causas de muerte. En cuanto a la calidad de vida de las personas con diabetes, no debería ser inferior a una persona sin esta, siempre y cuando se lleve un buen control de la enfermedad y de todas sus variables y no lleve asociados riesgos vasculares (Informe Mundial sobre la Diabetes, OMS, 2016).

Como se ha comentado anteriormente, se puede reducir el riesgo de padecer diabetes tipo II, así como mejorar la sensibilidad a la insulina y la asimilación de la glucosa mediante la actividad física practicada con regularidad y en suficiente cantidad, así como siguiendo una alimentación adecuada. Las recomendaciones alimentarias para prevenir la diabetes tipo II serían reducir el consumo de ácidos grasos a menos de un 10% de la ingesta calórica total, consumir cantidades suficientes de fibra vegetal que se encuentra en alimentos como frutas, legumbres o verduras, y el consumo de azúcares libres debería reducirse a menos de un 10% de la ingesta calórica total. En cuanto a la actividad física, se recomienda que los niños y jóvenes entre 5 y 17 años hagan ejercicio moderado (70% FC de reserva) durante un mínimo de 60 minutos al día. En los adultos es recomendable que realicen ejercicio aeróbico

moderadamente intenso durante un mínimo de 150 minutos a la semana, o ejercicio intenso durante mínimo 75 minutos a la semana (Informe mundial sobre la diabetes, OMS, 2016).

El ejercicio de fuerza ha demostrado proporcionar muchos beneficios a los niños y adolescentes, como una mejor composición corporal, fuerza y potencia muscular, aptitud cardiovascular, rendimiento motor, perfil cardio metabólico y salud mental (Daniela A. Rubin, Diobel M. Castner, and Hoang Pham, 2014). Además, existen estudios que han demostrado que el entrenamiento de fuerza mejora la sensibilidad a la insulina (Davis JN et al. 2009). Son numerosas las investigaciones que han mostrado que el entrenamiento de fuerza tiene efectos agudos en valores de insulina y glucosa, haciendo disminuir ambos notablemente. Aunque los descensos en estas variables a nivel agudo pueden ser positivos para personas con diabetes es necesario saber si el entrenamiento de fuerza tendría dichos efectos a largo plazo. (Rubin et al. 2014).

A su vez, disminuir la adiposidad en niños obesos ha demostrado que es un factor importante a la hora de reducir las posibilidades de tener diabetes tipo II (Benson AC, Torode ME, and Fiatarone Singh MA, 2008). Sin embargo, en Suh et al. 2011 se puede observar que la mejora en la sensibilidad a la insulina es independiente de los cambios en la composición corporal.

El objetivo de esta revisión bibliográfica es determinar cómo afecta el entrenamiento de fuerza en niños a los valores de glucosa e insulina, ya sea en personas que presentan diabetes o en personas sanas, para poder prevenir esta enfermedad desde el ámbito de la actividad física. Para ello, se abordarán diferentes métodos de entrenamiento basados en la fuerza. La hipótesis de la presente revisión es que el entrenamiento de fuerza mejora la sensibilidad a la insulina y se producirá un cambio en la composición corporal haciendo que aumente la masa muscular y disminuya la masa grasa, previniendo o reduciendo la obesidad y en consecuencia la diabetes tipo II desde edades tempranas.

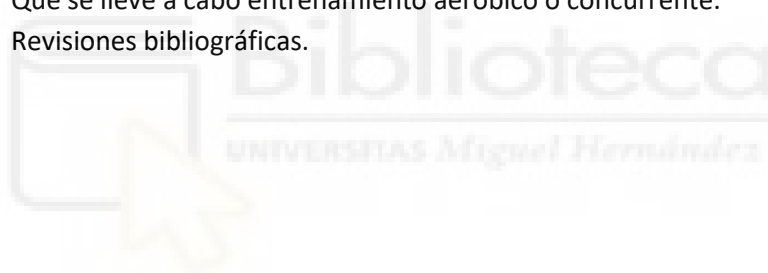
MÉTODOS

Se ha realizado una búsqueda sistemática de artículos que comprenden entre 2008 y 2018. (fecha de inicio 1 de enero de 2008, fecha de corte 1 de marzo de 2018). Se ha utilizado dos bases de datos para la búsqueda de artículos, Pubmed y Science direct. Se realizó para su criba las directrices de la guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Metaanalyses) (Urrutia, & Bonfill, 2010).

A continuación, se exponen los criterios de inclusión y exclusión que se han utilizado para la criba de artículos:

- Criterios de inclusión:
 - Artículos en inglés.
 - Realizados en niños de 18 años o menos.
 - Que se lleve a cabo entrenamiento de fuerza.
 - Que tenga medidas pre y post intervención de niveles de insulina o glucosa.

- Criterios de exclusión:
 - Que se lleve a cabo entrenamiento aeróbico o concurrente.
 - Revisiones bibliográficas.



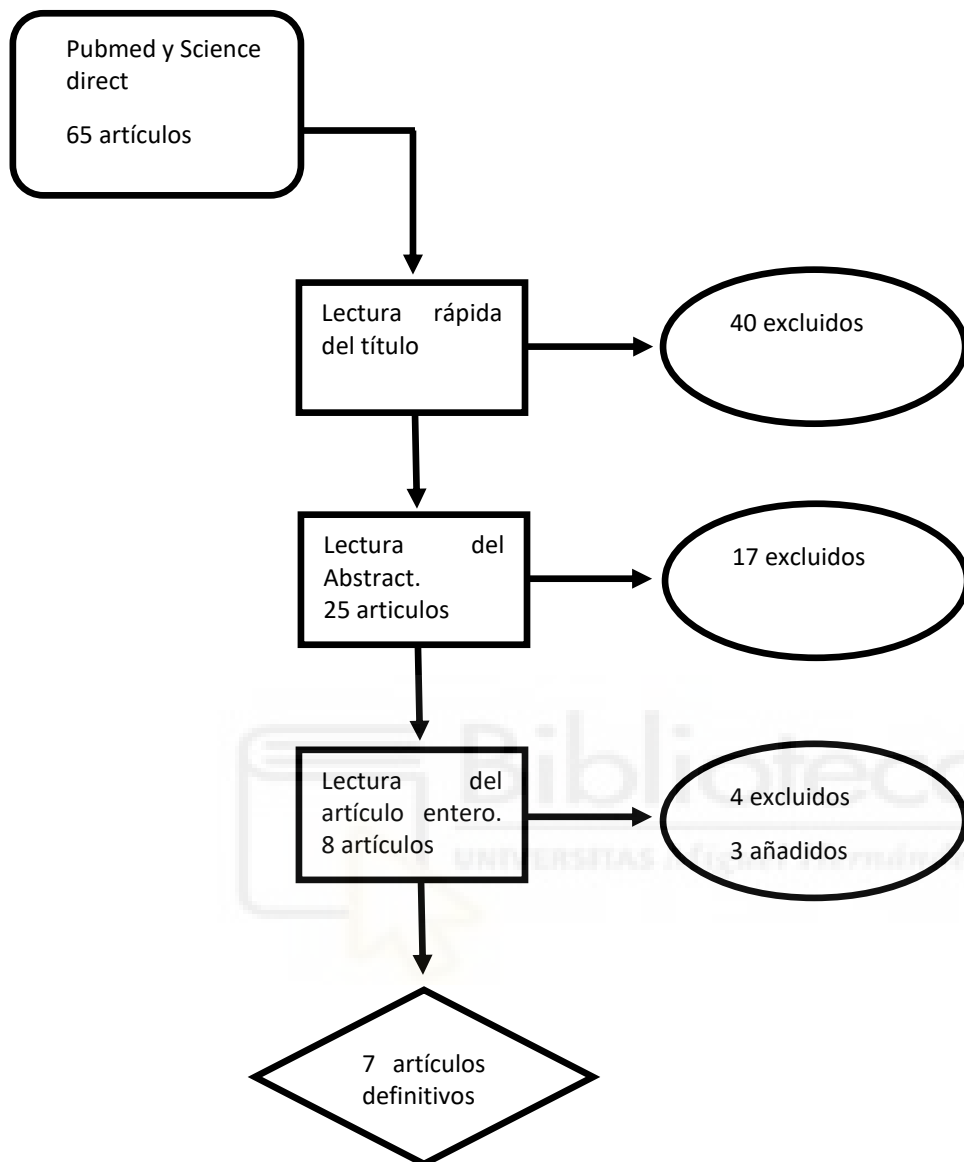


Figura 1. Proceso de inclusión de artículos.

Palabras clave utilizadas para la búsqueda fueron (“Strength training” OR “diabetes in youth” OR “glucose” OR “insulin” AND “children”

ARTÍCULO	MUESTRA	DURACIÓN	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
Benson et al. 2008	78 niños. 32 chicas, 46 chicos. Edad 12.2±1.3 37 grupo tratamiento Altura 154.8±11.2 cm Peso 56.9±19.7 kg 41 grupo control Altura 153.3±8.3 cm Peso 51.9±11.2 kg	8 semanas.	Etto. de fuerza. 2 x 8 reps (11 ejercicios) 5 TS, 4 TI, 2 ABD. 2 días a la semana Intensidad: 15-18 escala RPE	Insulina (pmol l ₋₁) -0,22 ES Δ11,1 (34,9) Glucosa ES -1,00 Δ2,8 (0,9)
Davis et al. 2009	9 adolescentes con obesidad. Chicas. Edad 15.7±1.2 Peso 84.5±21.4 kg	16 semanas	Etto. Fuerza + nutrición 2 días a la semana (2h/sem)	Glucosa en ayunas 0,50 ES Insulina en ayunas 0,08 ES Glucosa 1,39 ES Insulina 1,22 ES
Van der Heijden et al. 2010	12 adolescentes sedentarios con obesidad. 6 chicos, 6 chicas. Edad 15.5±0.5 Peso 97.0±3.8 kg	12 semanas	Etto. fuerza. (Semana 1-8): 2→3 x8-12 reps 50% 3RM (Semana 9-12): 3 x 15-20 reps 80% 3RM 2 días a la semana (2h/sem) 2 mediciones.	Insulina (KUImLj1) ES 1,08 Glucosa (mmolLj1) sin cambios Sensibilidad a la insulina hepática ↑24% ± 9%
Suh et al. 2011	10 adolescentes con obesidad. 5 chicos, 5 chicas. Edad 13.1±0.32 Altura 165.25±8.63 cm Peso 69.76±15.88 kg	12 semanas	Etto fuerza + restricción calórica 3 días a la semana (3h/sem) 1 x 10-12 reps 60% 1RM (10 ejercicios) 5 TS, 5 TI, 2 ABD.	Glucosa AUC, μIU/mL 1,05 ES Insulina AUC, μIU/mL 0,36 ES Sensibilidad a la insulina -0,58
Hasson et al. 2011	31 adolescentes con obesidad 15 afroamericanos Edad 15.3±1.2 Peso 100.0±26.1 kg 16 latinos Edad 15.5±1.0 Peso 92.6±22.6 kg	16 semanas	Etto fuerza + nutrición 2 días a la semana	<u>Africanos/Americanos</u> Glucosa en ayunas (mg/dl) -2,7 ± 4,8 Insulina en ayunas (μU/ml) -2,3 ± 6,9 Glucosa IAUC (nmol/min/l) -15,8 ± 29,0 Insulina IAUC (nmol/min/l) -49,1 ± 100,4 Sensibilidad a la insulina 0,00 ES

				Latinos Glucosa en ayunas (mg/dl) -2,5 ± 4,8 Insulina en ayunas (μU/ml) -4,0 ± 8,6 Glucosa IAUC (nmol/min/l) -4,1 ± 37,9 Insulina IAUC (nmol/min/l) -43,9 ± 137,3 Sensibilidad a la insulina 0,14 ES
Lee et al., 2012	16 adolescentes con obesidad 16 chicos Edad 14.6±1.5 Peso 97.7±10.8kg	12 semanas	Etto fuerza 3 días a la semana (3h/sem) 10 ejercicios (Semana 1-4): 1-2x8-12 reps 60%RM (Semana 5-12): 2x8-12 reps al fallo Descansos 1-2 minutos entre series	Glucosa en ayunas (mg/dl) 0,02 ES Insulina en ayunas (μU/ml) 1,42 ES Sensibilidad a la insulina (mL/kg/min per mU/mL) -0,8 ES Sensibilidad a la insulina (mL/FFM \$ kg/min per mU/mL) -0,8 ES
Yu et al., 2016	19 adolescentes sin obesidad. 12 chicos, 7 chicas Edad 12.3±0.42 Altura 151.4±5.8 cm Peso 42.8±44.3 kg	10 semanas	Etto fuerza 2 días a la semana 3→4 x 12 reps 12RM (12 ejercicios) sin descanso entre reps 4 TS, 4 TI, 4 CORE	Glucosa ES 0,33 Insulina ES 0,73

TS: Tren superior; TI: Tren inferior; ABD: Abdomen; Etto: Entrenamiento; ES: Effect Size

CONCLUSIONES

Glucosa en ayunas:

Se analiza en 3 estudios, Davis et al. (2009), Hasson et al. (2011) y Lee et al. (2012). Los tres estudios analizaban adolescentes obesos. En Davis et al. (2009) el tamaño del efecto es moderado, y en los otros dos es trivial. El entrenamiento iba acompañado de nutrición y la duración era de 16 semanas y se realizaba en chicas con obesidad. Los otros dos estudios duraban 12 y 16 semanas y el de 16 se acompañaba de nutrición. Se podría decir que el entrenamiento de fuerza en adolescentes obesos acompañado de una reducción del 10% en la ingesta de azúcar agregado ha sido adecuado para disminuir la glucosa en ayunas en el estudio de Davis et al. (2009). Puede que la muestra haya afectado a los resultados ya que el estudio en el que el tamaño del efecto es moderado es el único realizado con chicas ya que la intensidad es muy similar entre los 3 estudios y la duración también.

Insulina en ayunas:

Se analiza en 3 estudios, Davis et al. (2009), Hasson et al. (2011) y Lee et al. (2012), teniendo un tamaño del efecto de 1,42 en el estudio de Lee et al. (2012). Este estudio se realizó durante 12 semanas en chicos obesos. Los otros dos estudios disminuían también la insulina en ayunas, pero con un tamaño del efecto trivial. Se puede ver que este estudio usaba entrenamiento de fuerza sin tener en cuenta la nutrición, en cambio en los otros dos sí que llevaban una nutrición controlada. No se pueden sacar conclusiones de estos resultados ya que los sujetos estudiados no eran diabéticos y se supone que no tienen alteración en las funciones de las células beta por lo que el ejercicio regular solo tendría un efecto mínimo en la secreción de insulina en esta población adolescente no diabética.

Glucosa:

Se analiza en 6 estudios. En los estudios de Davis et al. (2009) y de Suh et al. (2011), el tamaño del efecto es grande, por lo que la glucosa disminuye bastante. Estos estudios duran 16 y 12 semanas respectivamente usando entrenamiento de fuerza y nutrición o restricción calórica. Ambos estudios utilizan adolescentes con obesidad. En el estudio de Yu et al. (2016), el tamaño del efecto es pequeño, utilizando también adolescentes sin obesidad, pero concluye que el entrenamiento de fuerza puede ayudar a la función endotelial, lo que podría prevenir diabetes tipo II, ya que la disfunción endotelial es un evento temprano en el curso de esta enfermedad. Se podría concluir que el entrenamiento de fuerza sería bueno para disminuir la glucosa en adolescentes obesos, y así reducir las posibilidades de padecer diabetes tipo II. En personas con esta enfermedad sería interesante entrenar de esta manera.

En el estudio de Benson et al. (2008), la glucosa aumenta con un tamaño del efecto grande, la duración de este estudio es de 8 semanas, y la edad media de los participantes es de 12 años.

Insulina:

Analizada en 6 estudios, Davis et al. (2009), Hasson et al. (2011), Suh et al. (2011), Yu et al. (2016), Benson et al. (2008), y Van der Heijden et al. (2010). En Van der Heijden et al. (2010) y Davis et al. (2009), se encuentra un tamaño del efecto grande, por encima de 1, en otro el tamaño del efecto es pequeño, pero también disminuyendo los niveles, y en otros 2 el tamaño del efecto es moderado. En cambio, hay uno que aumenta los niveles de insulina, pero el tamaño es pequeño. En todos los estudios en los que los niveles de insulina se ven reducidos, la muestra

es adolescentes con obesidad, con entrenamiento de fuerza de una duración mínima de 12 semanas. En el estudio en el que los niveles aumentan, la muestra es adolescentes sin obesidad, y la duración del estudio 8 semanas.

Sensibilidad a la insulina:

Se analiza en 5 estudios. El tamaño del efecto es trivial en los estudios en los que disminuye y en los que aumenta. Exceptuando dos estudios. En el estudio de Van der Heijden et al. (2010) aumenta un 24%, reduciendo así la resistencia a la insulina. Este estudio duró 12 semanas y se usó entrenamiento de fuerza en adolescentes con obesidad, fue un entrenamiento progresivo en el que se fueron aumentando los pesos a medida que pasaban las semanas. Eran ejercicios en los que se trabajaban músculos de todo el cuerpo de forma específica. En este estudio aumentó la masa muscular por lo que cabría esperar que un aumento de masa muscular, es decir, un aumento en la masa de tejido sensible a la insulina daría como resultado un aumento de la sensibilidad a la insulina. Sin embargo, el aumento de la masa muscular en este estudio podría haber sido insuficiente para lograr este efecto y no se correlacionó con la sensibilidad a la insulina, por lo que los cambios en la sensibilidad a la insulina son independientes de los cambios en la masa muscular.

En el estudio de Lee et al. (2012) aumenta la sensibilidad a la insulina con un tamaño del efecto moderado. En este estudio se sugiere que el ejercicio regular sin restricción calórica se asocia con una mejora del 28% en la sensibilidad a la insulina relacionado probablemente con el aumento de la masa muscular esquelética con el entrenamiento de fuerza, ya que con este tipo de entrenamiento el aumento en masa muscular es mayor que en el entrenamiento aeróbico. Las mejoras en la sensibilidad a la insulina dentro de los grupos de entrenamiento se explican por reducciones en la grasa total ($r = -0.43$; $p < 0.05$) y adiposidad visceral ($r = -0.42$; $p < 0.05$), destacando la importancia de la reducción de la adiposidad para mejorar la insulina sensibilidad en adolescentes. Este estudio se realizó en adolescentes obesos durante 12 semanas cambiando el método de entrenamiento a las 4 semanas llegando al fallo a las 12 repeticiones de cada ejercicio a partir de esa semana.

Sin embargo, en Suh et al. 2011 se puede observar que la mejora en la sensibilidad a la insulina es independiente de los cambios en la composición corporal, pero esta mejora no es significativa.

PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Tras la realización de esta revisión se podría decir que el entrenamiento de fuerza orientado a la ganancia de fuerza neural y a la hipertrofia es el más adecuado. Intervención con 20 adolescentes varones sin obesidad, con una edad media de 15 años. La duración de la intervención sería de 12 semanas para que las adaptaciones musculares se den de manera adecuada. Se entrenará 3 días por semana (1h/día) ejercitando todos los grupos musculares principales.

Las sesiones incluirán 10 minutos de calentamiento, 40 minutos de entrenamiento de fuerza, y 10 minutos de vuelta a la calma.

Durante las primeras dos semanas se empezará el programa con una carga del 50% de una repetición máxima con 2- 3 series de 12 repeticiones un ejercicio de cada músculo principal, para aprender la técnica de los ejercicios.

Los pesos se irán incrementando gradualmente hasta llegar al 80% de 1RM con 3 series de 12 repeticiones de las semanas 10-12.

DURACIÓN PROGRAMA	DÍAS/SEMANA	SERIES	REPETICIONES	DESCANSO	INTENSIDAD	EJERCICIOS
12 Semanas	3 Días	3-5 series	10-12 Repeticiones	1 Minuto	50% 1RM 80% 1RM	Grandes grupos musculares, combinando, tren superior e inferior.

Los ejercicios usados serán:

Pecho: Press banca, flexiones.

Tríceps: Extensión de tríceps en polea,

Bíceps: Flexión de bíceps con barra, flexión de bíceps concentrado.

Hombros: Subidas laterales de hombros en polea, press militar

Cuádriceps: Extensión de cuádriceps en máquina, zancadas estáticas, sentadilla con y sin peso

Isquiotibiales: Peso muerto, flexión de rodilla en máquina.

CORE: Puente dorsal, abdominales.

REFERENCIAS

- Benson AC, Torode ME, and Fiatarone Singh MA. (2008). The effect of high-intensity progressive resistance training on adiposity in children: a randomized controlled trial. *Int J Obes*, 32, 1016-1027.
- Davis JN, Tung A, Chak SS, Ventura EE, Byrd-Williams CE, Alexander KE, Lane CJ, Weigensberg MJ, Spruijt-Metz D, and Goran MI. (2009). Aerobic and Strength Training Reduces Adiposity in Overweight Latina Adolescents. *Medicine Science Sports Exercise*, 41(7), 1494–1503.
- Falk B. (2014). Endocrine Response to Resistance Training in Children. *Pediatric Exercise Science*, 26, 404-422.
- Hasson RE, Adam TC, Davis JN, Kelly LA, Ventura EE, Byrd-Williams CE, Toledo-Corral CM, Roberts CK, Lane CJ, Azen SP, Chou CP, Spruijt-Metz D, Weigensberg MJ, Berhane K, and Goran MI. (2012) Randomized controlled trial to improve adiposity, inflammation, and insulin resistance in obese african-american and latino youth. *Obesity*. 20(4), 811-818.
- Lee S, Bacha F, Hannon T, Kuk JL, Boesch C, and Arslanian S. (2012) Effects of aerobic versus resistance exercise without caloric restriction on abdominal fat, intrahepatic lipid, and insulin sensitivity in obese adolescent boys: a randomized, controlled trial. *Diabetes*. 61(11), 2787–2795.
- OMS, Informe Mundial Sobre Diabetes. (2016)
- Rubin DA, Castner DM, and Pham H. (2014). Hormonal and Metabolic Responses to a Resistance Exercise Protocol in Lean Children, Obese Children, and Lean Adults. *Pediatric Exercise Science*, 26, 444-454.
- Suh S, Jeong I, Kim MY, Kim YS, Shin S, Kim SS, and Kim JH. (2011). Effects of Resistance Training and Aerobic Exercise on Insulin Sensitivity in Overweight Korean Adolescents: A Controlled Randomized Trial. *Diabetes Metab*, 35, 418-426.
- Van Der Heijden GJ, Wang ZJ, Chu Z, Toffolo G, Manesso E, Sauer P. J. J., and Sunehag AL. (2010) Strength exercise improves muscle mass and hepatic insulin sensitivity in obese youth. *Medicine Science Sports Exercise*, 42(11), 1973– 1980.
- Yu C. C., McManus A, So H, Chook P, Au C, Li A, Kam JT, So RC, Lam C, Chan IH, and Sung R. (2016). Effects of resistance training on cardiovascular health in non-obese active adolescents. *World J Clin Pediatric*, 5(3), 293-300.