

INTERVENCIONES EN EL ESTILO DE VIDA BASADAS EN EJERCICIO EN NIÑOS Y ADOLESCENTES CON SÍNDROME METABÓLICO

Jorge Jaime Márquez Arabia*, Gustavo Ramón Suárez**, Carolina Márquez Tróchez***.

* Médico y Cirujano. Especialista en Medicina de la Actividad Física y el Deporte. Profesor de la Universidad de Antioquia. Grupo GRICAFDE

** Médico y Cirujano. Doctor en Educación Física. Docente Universidad de Antioquia. Grupo GRICAFDE

*** Estudiante de Medicina. Universidad Pontificia Bolivariana Medellín / Colombia.

CORRESPONDENCIA: Jorge Jaime Márquez Arabia. Correo electrónico: jaimejorge33@yahoo.com
Teléfono: 2575344. Medellín - Colombia

Recibido: 08-07-10.
Aceptado: 03-08-10.

RESUMEN

El síndrome metabólico (SM) en niños y adolescentes cada vez es más frecuente, se reportan múltiples definiciones, pero independientemente de eso, éste se relaciona con resistencia a la insulina, alteraciones vasculares e inflamatorias y estrés oxidativo, y su presencia epidemiológica y relación con obesidad infantil, no tiene ninguna duda y aumenta el riesgo de enfermedad cardiovascular aterosclerótica y Diabetes tipo 2. En niños y jóvenes, la actividad física y el fitness cardiorrespiratorio se asocian inversamente con factores de riesgo metabólicos que incluyen la grasa corporal, la presión arterial, los lípidos sanguíneos, la glicemia, resistencia a la insulina y con el síndrome metabólico, y según al-

gunos estudios, el fitness cardiorrespiratorio se correlaciona más fuertemente con el riesgo metabólico que la actividad física total. La combinación de intervenciones dietarias y ejercicio parece ser la mejor opción para mejorar los componentes y características del SM. Hay poca investigación en los efectos del ejercicio solo en el SM. Se encuentra gran variedad en la metodología y resultados de las intervenciones en el estilo de vida basadas en ejercicio aeróbico y/o de fuerza para el manejo del SM o sus componentes en niños y adolescentes, pero en general, muestran una tendencia a brindar beneficios y este artículo las revisa.

Palabras clave: Síndrome Metabólico, Ejercicio, Fitness, Actividad física

ABSTRACT

The metabolic syndrome (SM) in children and adolescents is becoming increasingly common, many definitions are reported, but apart from that, this is related to insulin resistance, vascular and inflammatory alterations and oxidative stress, and their presence epidemiological and relationship with childhood obesity, has no doubt and increases the risk of atherosclerotic cardiovascular disease and Type 2 Diabetes. In children and adolescents, physical activity and cardiorespiratory fitness was inversely associated with metabolic risk factors including body fat, blood pressure, blood lipids, blood glucose, insulin resistance and metabolic syndrome, and according to some studies, cardiorespiratory fitness is correlated more strongly with metabolic risk than total physical activity. The combination of dietary and exercise intervention seems the best option for improving the components and features of the SM. There is little research on the effects of exercise alone in the SM. It is found great variety in the methodology and results of interventions in lifestyle based on aerobic exercise and / or force for the management of the metabolic syndrome or its components in children and adolescents, but generally show a tendency to provide benefits and this article the review

Key words: Metabolic Syndrome, Exercise, Fitness, Physical activity.

INTRODUCCIÓN

No hay una definición universalmente aceptada para el Síndrome Metabólico (SM) en niños y adolescentes (1,2). En una revisión sistemática de 27 investigaciones encontraron al menos 40 definiciones de SM para ellos, y la mayoría de éstas fueron adaptaciones a la definición en adultos desarrollada por el NCEP que incluye 3 o más de los siguientes criterios: Circunferencia de Cintura (como criterio de adiposidad), presión arterial, TG, HDL y glicemia en ayunas. Generalmente se diagnostica si tiene 3 o más criterios (3). El último consenso recomienda que los valores estén basados en percentiles y la edad (1). Independiente de la definición de SM, éste se relaciona con resistencia a la insulina, alteraciones vasculares e inflamatorias y estrés oxidativo, y su presencia epidemiológica y relación con obesidad en niños y jóvenes, no tiene ninguna duda y aumenta el riesgo de enfermedad cardiovascular aterosclerótica y Diabetes tipo 2 (1,2,4).

El SM es mucho más común en este grupo de edad de lo que previamente se había reportado y el aumento en su prevalencia es mayor con la severidad de la obesidad, así por cada media unidad que se incrementa el IMC, se observa un aumento en el riesgo de SM en niños y jóvenes con sobrepeso y obesidad (5,6). Hay múltiples datos de prevalencia que llegan hasta 60% en niños severamente obesos (1,5,7,8). En niños y adolescentes escolarizados del área urbana de la ciudad de Medellín se reporta una prevalencia de 6.1% (9).

En niños y jóvenes, la actividad física y el fitness cardiorespiratorio se asocian inversamente con factores de riesgo metabólicos que incluyen la grasa corporal, la presión arte-

rial, los lípidos sanguíneos, la glicemia, resistencia a la insulina y con el síndrome metabólico, y según algunos estudios, el fitness cardiorespiratorio se correlaciona más fuertemente con el riesgo metabólico que la actividad física total (10-15)

Aunque incrementos relativamente pequeños de actividad física y fitness pueden reducir significativamente el riesgo de síndrome metabólico en niños y jóvenes, después de ajustes que incluyen la edad y el IMC, se requiere más investigación para cuantificar cuanta actividad física y nivel de fitness se necesita para prevenir el síndrome metabólico y las enfermedades asociadas con éste (7,16-20)

INTERVENCIONES BASADAS EN EJERCICIO PARA EL SM

El último consenso de síndrome metabólico en niños y adolescentes aconseja la remisión a un especialista en ejercicio para contribuir con el manejo de la enfermedad y en síntesis propone realizar una historia de la actividad física específica del paciente, hacer controles frecuentes para mejorar la adherencia y aconsejar la práctica de actividad física y la meta es emplear mínimo 1 hora diaria en juego activo y limitar el tiempo de pantalla (TV, video juegos, computador) a menos de 2 horas diarias (1)

La combinación de intervenciones dietarias y ejercicio parece ser la mejor opción para mejorar los componentes del SM (1). Hay poca investigación en los efectos del ejercicio solo en el SM (21). Estudios en niños refieren que el fitness y la adiposidad ejercen efectos independientes en los marcadores inflamatorios y la sensibilidad a la insulina (7,22).

La disminución de peso inducida con modificaciones en el estilo de vida en obesos con resistencia a la insulina (RI), es menor que en los que no la tienen (7,23). El aumento del fitness puede mejorar significativamente la RI sin cambios en el BMI (22, 24)

Hay gran variedad en la metodología y resultados de las intervenciones en el estilo de vida basadas en ejercicio para el manejo del SM o sus componentes en niños y adolescentes pero en general, muestran una tendencia a brindar beneficios:

Leite y cols, dividieron 64 adolescentes obesos (26 niños), de 10-16 años, en dos grupos: con SM (n = 29) y sin SM (n = 35); Ambos grupos participaron en una intervención de 12 semanas de ejercicio supervisado (50 min de spinning ciclismo, 50 minutos de caminata / carrera progresando a una intensidad de 55-75% del VO₂pico y 20 minutos de estiramientos, distribuidos en 3 días de la semana) y 4 sesiones de orientación nutricional. 55 participantes (25 con SM; 30 sin SM) completaron mínimo 60% de las sesiones de entrenamiento. Después de 12 semanas, ambos grupos mostraron reducciones en el peso, "z-score" del IMC, la circunferencia de cintura (CC), la masa grasa y triglicéridos (TG); y aumento en talla, HDL y VO₂pico (p < 0,05 para todos). Además, el grupo con SM presentó reducción de la PAS y mejoría de la sensibilidad a la insulina (determinada con HOMA-IR y QUICKI) y HDL (p < 0,05). 72% de los participantes no tuvieron SM postintervención. Hubo reducciones en los TG (<100 mg / dl) en 11 participantes (55%, p = 0,0126), glicemia (<100 mg / dl) en 2 (29%), CC <percentil 75 en 1 (4%), y presión arterial sistólica o diastólica <percentil 90 en 5 participantes (38%). Hubo aumentos en los niveles de HDL > 45 mg / dl en 12 pacientes (57%, p = 0,007) (21).

Chen y cols, examinaron los efectos de una intervención por 14 días con dieta y ejercicio (2 a 2,5 horas diarias de actividad física supervisada que incluyó tenis, juegos de playa, ejercicios en gimnasio) en 16 niños de 10 a 17 años con obesidad (7 con SM); los resultados mostraron una disminución sorprendente en la incidencia del SM y sus componentes y es el primer estudio en mostrar cambios significativos en 2 semanas. El hallazgo más significativo lo constituyó el hecho de que los niños a quienes le fue diagnosticado SM antes de la intervención no fueron clasificados como tal después de ella a pesar de no cambiar el IMC; los componentes del SM variaron así, pre vs postintervención: Presión arterial >percentil 90 (9 vs 1), TG > percentil 95 (7 vs 0), HDL < percentil 5 (1 vs 4), glicemia ≥ 110 mg/dL o insulina ≥ percentil 75 (9 vs 3); los cambios fueron los siguientes: Insulina (27.2 +/- 3.5 vs 18.3 +/- 1.7 microU/mL, P < .01), HOMA (5.79 +/- 0.81 vs 4.13 +/- 0.38, P < .05), peso (92.0 +/- 7.0 vs

88.0 +/- 6.8 kg, P < .01). Colesterol total (CT) (165 +/- 7.8 vs 127 +/- 7.4 mg/dL, P < .01), LDL (94.1 +/- 8.2 vs 68.5 +/- 6.7 mg/dL, P < .01), TG (146 +/- 16.2 vs 88.1 +/- 8.1 mg/dL, P < .01), relación CT/HDL (4.16 +/- 0.30 vs 3.34 +/- 0.30, P < .01), relación LDL/HDL (2.41 +/- 0.3 vs 1.86 +/- 0.2, P < .01), Presión arterial sistólica (PAS) (130 +/- 3.1 vs 117 +/- 1.8 mm Hg, P < .001), Presión arterial diastólica (PAD) (74.3 +/- 3.0 vs 67.2 +/- 2.3 mm Hg, P = .01) (25)

Caranti y cols, después de 1 año de una intervención multidisciplinaria, nutricional (1 sesión educativa semanal de hábitos saludables: reducir ingesta calórica y seguir dieta balanceada), psicológica, seguimiento médico y entrenamiento aeróbico de 3 sesiones por semana de 60 minutos de caminata y bicicleta estática a la frecuencia cardíaca del umbral ventilatorio I determinado por ergoespirometría, durante 1 año, reportan disminución en la prevalencia de SM en 83 adolescentes obesos de 35.13% a 13.3% en 37 hombres y de 19,46% a 4,54% en 46 mujeres. La frecuencia de cada componente del SM cambió de la siguiente forma: Para hombres, IMC (100% a 64.28%), TG (40.54% a 28.57%), HOMA-IR (51.35% a 35.71%), glicemia (18.91% a 21.42%) y HDL (5.4% a 4.28%); para mujeres, IMC (100% a 90.9%), TG (15.21% a 0%); HOMA-IR (45.65% a 27.27%); glicemia (10.86% a 0%), HDL (13.04% a 9.09%) e HTA (2.46% a 0%). En hombres, el IMC (36.19 ± 3.85 a 32.06 ± 5.85 kg/m²), la grasa visceral (4.88 ± 1.35 a 3.63 ± 1.71 cm), HOMA-IR (4.77 ± 3.41 a 3.18 ± 2.33), PAS (127.09 ± 7.81 a 118.18 ± 4.05), TG (158.6 ± 81.67 a 122.73 ± 61.7 mg/dl) y el porcentaje de grasa corporal (38.24% ± 6.54% a 30.02% ± 13.43%) presentaron reducciones significativas; su masa libre de grasa aumentó (62.14% ± 5.78% a 69.17% ± 12.37%). En mujeres el IMC (35.73 ± 4.42 to 33.62 ± 3.78 kg/m²), la grasa visceral (3.70 ± 1.40 a 2.75 ± 1.01 cm), la PAS (140 ± 9.7 a 117.36 ± 7.33) y el porcentaje de grasa corporal (46.10% ± 5.66% to 39.91% ± 5.59%) mostraron reducciones significativas y su masa libre de grasa aumentó (53.61% ± 5.65% a 59.82% ± 5.78%) (26)

En un estudio de una población con 44% de SM, en 10 niños y adolescentes obesos (IMC: 32.1 ± 2.4, 11.0 ± 0.63 años) intervenidos sólo con ejercicio – entrenamiento supervisado 4 veces por semana por 8 semanas en bicicleta estática inicialmente 30 minutos al 50-60% del VO₂ pico por sesión progresando hasta 50 minutos al 70-80% del VO₂ pico en las últimas 2 semanas -, Kelly y cols reportaron, comparado con 10 del grupo que no hizo el entrenamiento (IMC: 30.5 ± 2.3, 11.0 ± 0.71 años), mejoría del VO₂ pico (21.8 +/- 2.1 a 23.2 +/- 1.5 mL/kg/minute vs 23.4 +/- 1.6 a 20.9 +/- 2.2 mL/kg/min; P < .05), HDL (1.02 +/- 0.03 a 1.10 +/- 0.04 mmol/L vs 1.08 +/- 0.07 a 0.99

+/- 0.09 mmol/L; $P < .05$), y área bajo la curva de la dilatación arterial mediada por flujo (746 +/- 66 a 919 +/- 94 %*sec vs 731 +/- 102 to 515 +/- 73 %*sec; $P < .05$) (27) Monzavi y cols, en una intervención de 1 sesión semanal durante 12 semanas en el estilo de vida con participación de la familia – entrenamiento: 45 minutos de “Dodge Ball”, voleyball, saltar la cuerda, correr + 45 minutos de educación a padres e hijos sobre la importancia de dieta y ejercicio - en 109 niños (43 con valoraciones al final de la intervención) con sobrepeso de 8 a 16 años (49,5% con factores de riesgo asociados con SM), encontraron reducciones significativas de los FR de SM – IMC (33.65 ± 1.15 a 33.19 ± 1.12), PAS (118.3 ± 2.8 a 113.3 ± 2.8 mmHg), CT (183.0 ± 5.9 a 171.8 ± 5.3 mg/dl), LDL (109.9 ± 4.7 a 103.3 ± 4.9 mg/dl), TG (148.1 ± 11.5 a 120.8 ± 8.7), leptina (32.0 ± 3.8 a 26.3 ± 3.0) - y mejoría de la resistencia a la insulina determinada con HOMA-IR y QUICKI (28)

Kelishadi y cols, en estudio con 35 obesos de 12 a 18 años, reportan una disminución en la prevalencia de SM de 34,2% a 14,2% ($p = 0.02$), disminución significativa del peso, IMC, “z score” del IMC, CC, relación cintura-cadera, porcentaje de grasa, CT, LDL, LDL oxidadas, TG, insulina, HOMA-IR, PCR, marcadores de estrés oxidativo (malondialdehído y dieno conjugado) y reversión parcial del estado inflamatorio proateroesclerótico y disfunción vascular después de una intervención nutricional y con ejercicio durante 6 semanas – ejercicio aeróbico de intensidad moderada a vigorosa por 60 minutos (30 minutos de actividades orientadas al fitness y 30 minutos de juegos y carrera), 3 veces por semana durante 6 semanas – (29)

En el estudio de Kang y cols, 80 obesos de 13 a 16 años fueron asignados aleatoriamente a una de los siguientes intervenciones, durante 8 meses: 1. educación en estilos de vida (LSE)- cada 2 semanas, 2. LSE + ejercicio moderada intensidad y 3. LSE + ejercicio de alta intensidad 5 días por semana. El ejercicio, especialmente el de alta intensidad, tuvo efectos favorables significativos en varios marcadores del síndrome de resistencia a la insulina, principalmente en los TG ($P=0.012$), TG/HDL ($P=0.013$), PAD ($P=0.031$), fitness cardiovascular ($P<0.001$) y en el tamaño de las partículas de LDL ($P=0.009$) (30) Kirk y cols, evaluaron los resultados clínicos de un programa de manejo de obesidad interdisciplinario (“Health Works!”) en niños y adolescentes de 5 a 19 años (BMI > percentil 95) remitidos por su médico de cabecera que incluyó posibilidad de ejercicios grupales 1 vez por semana, educación a los padres, terapia conductual de hábitos nutricionales y actividad física. 177(45%) pacientes completaron la fase inicial del tra-

tamiento durante un promedio de 5,6 meses y mejoraron significativamente ($p < 0.001$) el peso (-2.0 +/- 4.9 kg), el IMC (-1.7 +/- 1.9 kg/m²), el “z-score” del IMC (-0.15 +/- 0.15); la PAS (-3.9 +/- 9,6mmHg), la PAD (-4.2 +/- 10mmHg), CT (-11.2 +/- 21,6 mg%), LDL (-7.8 +/- 18.9 mg%), TG (-14.7 +/- 53.5mg%), insulina (-4.3 +/- 14.2uU/ml), y el fitness aeróbico (VO₂ Máx: + 4 +/- 3.4 ml/Kg/min). Al inicio del tratamiento, 134 (84%) pacientes tenían concentraciones anormales de insulina en ayunas, 88 (50%) tuvieron CT alterado, 110 (63%) TG altos, 14 (8%) aumento de la PAD, 8(5%) PAS elevada y 69(40%) LDL elevado. Al final del tratamiento, una proporción significativa de pacientes normalizaron estas variables: 8 (100%) la PAS, 13 (93%) la PAD, 35 (40%) el CT, y 35 (40%) el LDL ($p < 0,001$ para todos); Hubo mejoría no significativa en los TG - 35 (32%) - e insulina - 27 (20%). Una disminución en el “z-score” del IMC se asoció con mejoras significativas en la insulina y los valores de lípidos ($p < 0,05$) (31)

Reinehr y cols, evaluaron la cantidad de reducción de peso necesaria para mejorar el perfil aterogénico durante 1 año en el programa de intervención “Obeldicks” – 1 vez por semana : ejercicio dirigido de juegos de pelota, trote, trampolín e instrucciones sobre actividad física diaria y disminución de tiempo de televisión; educación nutricional y terapia conductual niños y familia - en 130 obesos de 4 a 15 años (promedio 10.7 años), 53% niñas, “z-score” del IMC 2-4 (2.5), 62% (81 obesos) tuvieron mínimo un factor de riesgo aterogénico (Hipertensión: 45%; HDL bajo: 5%, LDL alto: 13%, hipertrigliceridemia: 32%, HOMA > 4: 36%). Una disminución del “Z-score” del IMC mayor de 0.5 se asoció con mejoría significativa de la PAS (- 21 +/- 11 mmHg), PAD (-9 +/- 14 mmHg), HDL (+9 +/- 6 mg/dl), LDL (-28 +/- 36mg/dl), TG (-82 +/- 31 mg/dl) y disminución de la resistencia a la insulina (HOMA). La reducción del “z-score” del IMC entre 0.25 y 0.5 sólo se asoció con disminución significativa del LDL (32)

Reinehr et al, después de una análisis multivariado RM-ANOVA, encontraron que sólo los 126 (72%) niños obesos de 6 a 14 años que redujeron el “z-score” del IMC en la intervención “Obeldicks” durante 1 año, mejoraron significativamente ($P < 0.05$) la PAS (-8%), PAD (-12%), TG (-12%), LDL (-5%), HDL (+7%), insulina (- 13%), HOMA (-17%) y estos beneficios se mantuvieron al año de la intervención. (33)

Reinehr y cols, en un análisis longitudinal de la intervención “Obeldicks” en 229 niños blancos de 12 años de edad en promedio, reportan disminución significativa ($p < 0.001$) de la PAS, PAD y TG con algún grado de disminución en HOMA independientemente de cambios en el peso; las reducciones más grandes en el HOMA (primer cuartil) también mostraron reducciones significati-

vas del LDL. Lo anterior soporta que la resistencia a la insulina pudiera ser la anormalidad central que contribuye con estos factores en niños y adolescentes obesos. (34)

Reinehr y cols, compararon en niños obesos de 10 a 14 años de característica similares y sin alteraciones metabólicas iniciales descritas, los beneficios del programa ambulatorio "Obeldicks" en 107 (se retiraron 14) pacientes durante 1 año (grupo A) con una intervención hospitalaria en 119 participantes durante 6 semanas con restricción dietaria, terapia conductual y ejercicio supervisado (grupo B) – 1 a 2 horas diarias de juegos de pelota, trote, natación – y un grupo control de 65 niños sin intervención durante 1 año. El grupo B disminuyó significativamente en mayor medida el CT ($P < 0.001$) y el LDL ($P = 0.049$) comparado con el grupo A que presentó mejoría significativa mayor en la insulina ($P = 0.006$), TG ($P = 0.040$) y HDL ($P < 0.001$). Ambos disminuyeron significativamente, en forma similar, el IMC, "z score" del IMC y la presión arterial en contraste con el grupo control que aumentó levemente de peso y no cambió sus factores de riesgo (35).

Kovács y cols, determinaron en 22 niños y 26 niñas de 6.5 a 12.5 años con sobrepeso u obesidad (IMC: 25.6 ± 4.3 kg/m²) el efecto del ejercicio en el colegio sin intervención nutricional – 15 semanas de ejercicio aeróbico, 60 minutos por sesión, frecuencia cardíaca de trabajo de 120-185lpm, 3 veces por semana –. La CC ($85,9 \pm 12,4$ vs $80,9 \pm 10,2$ cm), la masa muscular ($32,4 \pm 6,2$ vs $33,7 \pm 6,1$ kg), el consumo máximo de oxígeno ($37,0 \pm 3,9$ vs $42,6 \pm 11,2$ ml / kg / min), PAS ($113,3 \pm 11,2$ vs $106,7 \pm 11,6$ mmHg) y el LDL ($2,4 \pm 0,6$ vs $1,9 \pm 0,6$ mm / l) mejoraron significativamente. El número de niños con obesidad abdominal (29 vs 20), hipertensión (10 vs 5) e hipertrigliceridemia (18 vs 14) también se redujo significativamente con el tiempo. (36)

Wickham y cols, hallaron en 165 adolescentes obesos (11-18 años) una prevalencia de IMC > percentil 97, hipertensión, hipertrigliceridemia, niveles bajos de HDL-C, e IFG de 92,7, 54,5, 29,1, 26,7 y 2,4%, respectivamente. La prevalencia del síndrome metabólico al inicio del estudio fue de 30,3%. En 54 pacientes, después de 6 meses de educación nutricional, terapia de conducta y ejercicio – 1 hora de ejercicio aeróbico y de fuerza, 3 veces por semana, con mínimo 1 sesión supervisada –, el "z score" del IMC (2.47 ± 0.34 vs 2.40 ± 0.39), la leptina (66.3 ± 40.0 vs 53.4 ± 45.5 ng/ml), el porcentaje de grasa corporal (43.1 ± 12.9 vs 41.8 ± 13.0 %), CT (163.3 vs 175.8 mg/dL) y LDL (98.1 vs 107.2 mg/ dL) disminuyeron significativamente ($P < 0.0001$); sin embargo, no hubo cambio significativo en el número de sujetos que tenían tres o más criterios del síndrome metabólico. (37)

Coppen y cols, en un estudio retrospectivo realizado en

135 niños y adolescentes (78% mujeres) de 6 a 19 años, que completaron 10 semanas de un programa de pérdida de peso bajo supervisión médica – dieta hipocalórica 1200-1500cal + educación en ejercicio para lograr mínimo 10.000 pasos diarios –, reportan una pérdida de peso de 9.24 ± 19.5 kg, una disminución significativa del IMC de 33.63 ± 6.52 a 30.17 ± 6.73 kg/m², PAS, PAD, TG, CC, CT, LDL y HbA1c. Inicialmente 53 (39%) pacientes tenían SM y el 75,5% de ellos no lo presentaron después de la intervención. (38)

Harden y cols, en 63 obesos (68% mujeres, 76% afroamericanos) de 11 a 18 años con una prevalencia promedio de SM de 55%, divididos en un grupo de intervenciones en el estilo de vida (n: 26, IMC: 34.60 ± 1.48) – promoción de dieta y ejercicio saludable con facilidades de centros de acondicionamiento y terapia conductual y familiar – y otro de intervención más metformina (n: 37, IMC: 38.39 ± 1.67) durante 6 meses encontraron en ambos grupos una tendencia a la disminución del IMC relativo, significativa sólo en el grupo de metformina (196.07 ± 1.92 a 189.11 ± 1.92), que también presentó reducciones significativas en la PAD (68.41 ± 1.45 a 64.44 ± 1.45). Todos los componentes del SM mostraron tendencia a la reducción no significativa en ambos grupos (39)

Chang y cols, en 49 obesos de 14 a 16 años que conformaron un grupo control (19 niños y 6 niñas, IMC: 27.1 ± 3.32) y otro de ejercicio (17 niños y 7 niñas, IMC: 27.5 ± 3.39) – ambos con educación nutricional por 3 meses – que realizó 9 meses de ejercicio aeróbico y de fuerza supervisado, con una frecuencia cardíaca de trabajo de 146-160lpm en estas actividades: correr, baloncesto, salto largo, saltar la cuerda, taekwondo, "sit-and-up", "push-up" y lanzar una pelota pesada, más 3 meses de sugerencia de ejercicio no supervisado, encontraron que el IMC se redujo en 0,6 ($p < 0,05$) en el grupo de ejercicio, pero aumentó 0,5 ($P < 0,05$) en el grupo control, a los 9 meses; los TG en el grupo de ejercicio disminuyeron significativamente en un 23,1% a los 3 meses ($P < 0,05$), y 30,2% después de 9 meses ($P < 0,05$), pero aumentó en un 50% ($P < 0,05$) en el control; el HDL disminuyó 35% ($P < 0,05$) más en los controles que en el grupo de ejercicio ($P < 0,05$). La glicemia en ayunas, insulina y HOMA-IR disminuyeron 23,1%, 36,6% y 48,5%, respectivamente, en el grupo de ejercicio a los 9 meses ($P < 0,05$), mientras que la glicemia aumentó 10,9% ($P < 0,05$) en el control; la fuerza de miembros superiores, de inferiores, la flexibilidad y la resistencia aeróbica, mejoraron 17,9%, 12,3%, 22,3% y 20,4% ($P < 0,01$), respectivamente; A los 12 meses (3 meses después del ejercicio supervisado), los TG, glicemia, insulina y HOMA-IR regresaron a los niveles pre-intervención. (40)

Sudi y cols, en 22 niños obesos de $11,9 \pm 1,7$ años e IMC de

26,2±5.2 y 40 niñas obesas de 12±1.8 años e IMC de 26.9±5.25 sin alteración de glicemia, CT ni TG, hicieron una intervención con dieta hipocalórica y ejercicio durante 3 semanas de actividades aeróbicas individualizadas como caminata, trote, bicicleta y juegos de pelota 3 veces diarias. Cada sesión duró aproximadamente 1.5 horas -, encontraron disminución significativa del peso (-3,76±1.22kg), la masa grasa (-3,6±1.6kg), CC (-7.9±5.4cm) y cadera (-5.8±2.87cm), tejido adiposo subcutáneo global (-23,2±36,7mm) y de brazos, tronco y piernas; también reducción significativa ($P < 0.0001$) independiente de la pérdida de grasa, del perfil de factores de riesgo metabólicos y aterogénicos como la insulina (-4.1±5.6ulU/mL), TG (-0.38±0.34mmol/L) y CT (-1.76±0.85mmol/L) (41)

Kelishadi y cols, en 100 obesos de 7 a 9 años (7.7±1.2), 35 con SM, 39 con hipertrigliceridemia, 41 con HDL bajo, 1 con hiperglicemia en ayunas, 7 hipertensos, asignados aleatoriamente a un grupo de intervención nutricional y a otro de clases de entrenamiento físico consistente en sesiones de 20 minutos de actividades orientadas al acondicionamiento más 20 minutos de juegos y trote, 5 veces por semana, durante 6 meses, suplementado con recomendación de una "dieta mixta optimizada". A los 6 meses, en ambos grupos (96 terminaron la intervención), hubo mejoría significativa y similar en el IMC, "z-score" del IMC, CC, CT, TG, leptina, ghrelina (aumentó), insulina y PAS. Se realizaron controles a los 6 meses postintervención y excepto la ghrelina que disminuyó, los otros parámetros no variaron significativamente (42)

Tay y cols, distribuyeron a 32 niños de escuela elemental (IMC \geq percentil 85), en un grupo de intervención combinada de terapia conductual, dieta y ejercicio durante 8 semanas - 50 minutos de actividad física (baile hip-hop y ejercicios en gimnasio) 2 veces por semana - y otro de sólo terapia conductual. La proporción de pacientes con 1, 2, 3 o más factores de riesgo metabólicos fueron 28,1, 43,8, y 15,6%, respectivamente. Después de la intervención, la CC, PAS, PAD y el HDL mejoraron significativamente ($p < .01$) en el grupo que hizo ejercicio (43) Shalitin y cols, asignaron aleatoriamente a 162 niños obesos (6-11 años) a tres intervenciones de 12 semanas con seguimiento a los 9 meses: Ejercicio (E): 90 minutos de ejercicio moderado 3 días / semana ($n = 52$); dieta (D): dieta hipocalórica balanceada, reuniones semanales con dietista ($n = 55$), y D + E ($n = 55$). A las 12 semanas el "z score" del IMC, el perfil cardiometabólico, y la puntuación psicológica mejoraron en todos los grupos. La reducción del "z score" del IMC ($p < 0,001$) y el aumento de la adiponectina ($p = 0.004$) fue mayor en D y D + E en comparación con E ($p < 0,001$), sin diferencia significativa entre los dos primeros grupos.

La CC ($p = 0,026$) y el LDL ($p = 0,038$) disminuyeron más en el D + E en comparación con E. Las variables antropométricas y cardiometabólicas regresaron a sus valores iniciales sin diferencias significativas entre los grupos después de 9 meses. Sin embargo, el "z score" del IMC, el % de grasa y el LDL fueron inferiores en comparación con el valor inicial (44)

En una intervención de ejercicio estructurado supervisado - entrenamiento en circuitos combinados (aeróbico en cicloergómetro + fuerza en maquinas) de 1 hora, 3 veces por semana durante 8 semanas) en 14 niños obesos de 12.70 ± 2.32 años, 8 hombres y 6 mujeres, con hiperinsulinemia en ayunas, Bell y cols, encontraron aumento de la sensibilidad a la insulina medida con el "clamp euglicémico hiperinsulinémico (MIbm 8.20 ± 3.44 a 10.03 ± 4.33 mg/kg•min, $P < 0.05$), disminución de la CC (97.08 ± 13.70 a 94.82 ± 13.36, $P < 0.05$), acompañados de mejoría del fitness cardiorespiratorio independientemente de los cambios en la composición corporal (45)

Meyer y cols, demostraron que en 33 niños obesos que terminaron la intervención (13.7±2.1 años, IMC: 29.8±5.93) comparados con 34 de un grupo control similar, un programa de ejercicio por 6 meses - 3 veces por semana supervisado por entrenadores y fisioterapeutas, lunes: 60 minutos de entrenamiento aeróbico en agua, miércoles: 90 minutos de juegos deportivos, viernes: caminar 60 minutos - mejoró la función endotelial de la arterial radial (4.09 ± 1.76% vs. 10.65 ± 1.95%, $p < 0.001$) y redujo el grosor de la íntima media de la arteria carótida (0.48 ± 0.08 mm vs. 0.37 ± 0.05 mm, $p < 0.001$) correlacionados con disminuciones en el "Z score" del IMC, porcentaje de grasa, relación cintura-cadera, PAS ambulatoria, insulina, TG, relación LDL/HDL, proteína C reactiva y fibrinógeno (46)

Carrel y cols, asignaron aleatoriamente a 50 niños de "middle school" de 12+/-0.5 años, IMC: 31.0±3.7Kg/m² a una intervención con énfasis en clases en gimnasio orientadas al fitness (42 de 45 minutos de clase supervisados y orientados a caminar, bicicleta y se aconsejaban trabajos del grupo completo), o a clases tradicionales (control) durante 9 meses. El grupo intervenido presentó más pérdida de grasa corporal (-4.1% +/- 3.4% vs -1.9% +/- 2.3%; $P = .04$), mayor incremento en fitness cardiovascular ($VO_{2M\acute{a}x}$, 2.7 +/- 2.6 vs 0.4 +/- 3.3 mL/kg/min; $P < .001$), y mejoría en los niveles de insulina en ayunas (-5.1 +/- 5.2 vs 3.0 +/- 14.3 microIU/mL [-35.4 +/- 36.1 vs 20.8 +/- 99.3 pmol/L]; $P = .02$) (47)

Nassis y cols, encontraron 18.8% ($P < 0.05$) de incremento en el $VO_{2M\acute{a}x}$ (PWC170), aumento de la sensibilidad a la insulina (disminución de 23,3% ($P = 0.03$) de AUC de la insulina), incremento de 6,2% ($P < 0.01$) de la masa magra de miembros inferiores correlacionada con el AUC de

la insulina ($r = -.68$; $P < .01$) y disminución de IGF-1 (453.8 ± 159.3 ng/mL a 403.2 ± 155.1 ng/mL; $P < .05$) sin cambios significativos en el peso, adiponectina, PCR e IL-6, TG, HDL, ApoA1 después de 12 semanas de entrenamiento aeróbico – 25 minutos diarios de ejercicio aeróbico (voleibol, basketbol, handball) con 10 minutos de calentamiento y 5 de enfriamiento, 3 veces por semana; en promedio cada sesión duró $38,2 \pm 1,7$ minutos y la frecuencia cardiaca fue 161.2 ± 2.3 lpm- en 15 niños de 13.1 ± 1.8 años con sobrepeso (24)

Ben Ounis y cols, en 24 obesos adolescentes, de 12-14 años, IMC > percentil 97, distribuidos en 3 grupos, restricción dietética (R), ejercicio aeróbico supervisado, 90 minutos, 4 veces por semana, en el punto de máxima oxidación de los lípidos (LIPOXmax) (E) o combinado (R+E) durante 2 meses, encontraron que el grupo R+E presentó una mayor reducción en el IMC ($-3,9 \pm 0,7$ kg/m²) y CC ($-12,3 \pm 4,8$ cm) ($P < .001$) que los otros grupos. El grupo combinado presentó una disminución significativa ($P < .01$) en el índice HOMA-IR ($-2,13 \pm 0,11$), TG, LDL y CT y un aumento significativo de la relación HDL/TG. (48)

Kim y cols, distribuyeron 24 obesos de 17 años en 2 grupos: 14 en el grupo de ejercicio (clases de educación física + 40 min diarios de saltar la cuerda progresivamente, 5 veces por semana, por 6 semanas) y 12 en el grupo control (sólo educación física). El primer grupo disminuyó significativamente la CC (92.1 ± 2.2 vs 89.6 ± 2.0 cm), circunferencia de cadera (105.3 ± 1.3 vs 101.5 ± 1.6 cm), peso (89.7 ± 2.4 vs 87.5 ± 2.5 Kg), IMC (29.6 ± 0.6 vs 28.6 ± 0.6), masa grasa (28.1 ± 1.5 vs 25.7 ± 1.4 Kg), % de grasa (31.5 ± 1.0 vs 29.3 ± 1.0), TG (102.4 ± 17.1 vs 68.8 ± 9.0 mg/dl), HOMA-IR e insulina (13.0 ± 1.6 vs 8.9 ± 1.33 uU/ml) y aumentó la adiponectina (8.1 ± 0.7 vs 8.9 ± 0.8 ug/ml). La glicemia en ayunas, CT, HDL – valores iniciales aceptables para la edad -, LDL, IL-6, FNT-alfa y hs-CRP no variaron significativamente. (49)

Kim y cols, asignaron a un grupo experimental (n:14) – 30 a 60 minutos de caminata al 55 a 75% de la FCM, 6 días por semana, durante 12 semanas - o a grupo control (n:13) a mujeres obesas de secundaria que tenían alteración de la CC, TG, HDL, presión arterial y glicemia en ayunas el 21,4, 21,4, 14,3, 28,6 y 7,2%, respectivamente. Hubo diferencias significativas en la CC ($p < .001$), TG ($p = 0,30$), peso ($p < .001$), la masa grasa ($p < .001$), y el % de grasa ($p < .001$) entre el grupo experimental y el control después de la intervención, sin diferencias significativas en el HDL, glicemia y presión arterial. (50)

Park y cols, en 44 mujeres adolescentes obesas de 13 a 15 años distribuidas aleatoriamente a un grupo de estilo de vida más ejercicio (LIFE+EX, n = 22) durante 12 semanas o a control (CON, n = 22), hallaron que el gru-

po “LIFE + EX” mostró mejoras significativas mayores en el peso, IMC, % de grasa, CC y relación cintura-cadera y más disminución significativa en la PAS, CT, LDL, TG, CT/HDL, glicemia, insulina, HOMA-IR, CRP y leptina que el grupo CON. No hubo diferencia entre los grupos en la PAD, HDL, HBA1c y adiponectina.. (51)

Aunque en 82 niños con sobrepeso y obesidad con edades entre los 9 y 12 años se encontró que modificaciones dietarias solas o acompañadas de un programa estructurado de ejercicio (2 veces por semana/16 semanas/9 estaciones de trabajo de 75 minutos supervisadas en circuito al 60-70% de la frecuencia cardiaca máxima que incluyó 30 minutos de entrenamiento de fuerza por 6 semanas y después 1 vez por semana hasta completar 1 año) por 6 semanas se asociaron con un aumento en la vasodilatación dependiente del endotelio y disminución más relevante de la relación cintura-cadera y CT, las diferencias fueron más significativas cuando el tratamiento incluyó ambas intervenciones ($p = 0.01$) y los beneficios persistieron al año de seguimiento en los que continuaron el ejercicio (52)

También se están realizando estudios de intervención con ejercicio de fuerza en niños y adolescentes con SM que muestran tendencia hacia la mejoría de éste y/o sus componentes, pero faltan investigaciones para definir la prescripción óptima para obtener los beneficios y la duración de estos (53-58)

Como se menciona en los estudios, el ejercicio tiene beneficios en el SM y sus componentes, pero la mejora del SM depende principalmente de la adecuada prescripción y adherencia al ejercicio y otras modificaciones en el estilo de vida como las nutricionales. El estudioso del tema debe conocer la prescripción exacta del ejercicio y la respuesta específica a cada intervención de cada investigación para poder extrapolarla de la manera más adecuada a la práctica clínica. Recomendamos que cada paciente tenga un enfoque y manejo individualizado para poder alcanzar los objetivos de su tratamiento.

REFERENCIAS

1. Steinberger J, Daniels SR, Eckel RH, Hayman L, Lustig RH, McCrindle B, et al. Progress and challenges in metabolic syndrome in children and adolescents: a scientific statement from the American Heart Association Atherosclerosis, Hypertension, and Obesity in the Young Committee of the Council on Cardiovascular Disease in the Young; Council on Cardiovascular Nursing; and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. *Circulation*. 2009;119(4):628-47
2. Weiss R. Metabolic Syndrome in Childhood - Causes and Effects. *Endocr Dev*. 2010;19:62-72
3. Ford ES, Li C. Defining the metabolic syndrome in children and adolescents: will the real definition please stand up? *J Pediatr* 2008; 152(2):160-4
4. Saland JM. Update on the metabolic syndrome in children. *Curr Opin Pediatr* 2007; 19(2):183-91

5. Taylor AM, Peeters PH, Norat T, Vineis P, Romaguera D. An update on the prevalence of the metabolic syndrome in children and adolescents. *Int J Pediatr Obes*. 2010; 5(3):202-13
6. D'Adamo E, Santoro N, Caprio S. Metabolic syndrome in pediatrics: old concepts revised, new concepts discussed. *Endocrinol Metab Clin North Am*. 2009;38(3):549-63
7. Ode KL, Frohnert BI, Nathan BM. Identification and treatment of metabolic complications in pediatric obesity. *Rev Endocr Metab Disord*. 2009;10(3):167-88
8. Cook S, Weitzman M, Auinger P, Nguyen M, Dietz WH. Prevalence of a metabolic syndrome phenotype in adolescents: findings from the third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2003; 157(8):821-7
9. Agudelo GM, Arias R. Prevalencia del síndrome metabólico en escolares y adolescentes de la ciudad de Medellín. Hallazgos del estudio de factores de riesgo para enfermedad cardiovascular en escolares y adolescentes, Medellín 2003. *IATREIA* 2008;21(3):260-70
10. Hong HR, Kim SU, Kang HS. Physical activity and metabolic syndrome in Korean children. *Int J Sports Med*. 2009;30(9):677-83
11. Rizzo NS, Ruiz JR, Hurtig-Wennlöf A, Ortega FB, Sjöström M. Relationship of physical activity, fitness, and fatness with clustered metabolic risk in children and adolescents: the European youth heart study. *J Pediatr*. 2007;150(4):388-9
12. Kriemler S, Manser-Wenger S, Zahner L, Braun-Fahrländer C, Schindler C, Puder JJ. Reduced cardiorespiratory fitness, low physical activity and an urban environment are independently associated with increased cardiovascular risk in children. *Diabetologia*. 2008;51(8):1408-15
13. Froberg K, Andersen LB. Mini review: physical activity and fitness and its relations to cardiovascular disease risk factors in children. *Int J Obes (Lond)*. 2005;29 Suppl 2:S34-9
14. Eisenmann JC. Aerobic fitness, fatness and the metabolic syndrome in children and adolescents. *Acta Paediatr*. 2007;96(12):1723-9
15. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjöström M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obes (Lond)*. 2008;32(1):1-11
16. Guinhouya BC. Physical activity in preventing metabolic syndrome in children. *Med Sci (Paris)*. 2009;25(10):827-33
17. Steele RM, Brage S, Corder K, Wareham NJ, Ekelund U. Physical activity, cardiorespiratory fitness, and the metabolic syndrome in youth. *J Appl Physiol*. 2008;105(1):342-51
18. Pan Y, Pratt CA. Metabolic syndrome and its association with diet and physical activity in US adolescents. *J Am Diet Assoc*. 2008;108:276-86
19. Kelishadi R, Gouya MM, Adeli K, Ardalan G, Gheiratmand R, Majdzadeh R, et al. Factors associated with the metabolic syndrome in a national sample of youths: CASPIAN Study. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2008;18(7):461-70
20. DuBose KD, Eisenmann JC, Donnelly JE. Aerobic fitness attenuates the metabolic syndrome score in normal-weight, at-risk-for-overweight, and overweight children. *Pediatrics*. 2007;120(5):e1262-8
21. Leite N, Milano GE, Cieslak F, Lopes WA, Rodacki A, Radominski RB. Effects of physical exercise and nutritional guidance on metabolic syndrome in obese adolescents. *Rev Bras Fisioter*. 2009;13(1):73-81
22. Rohrer TR, Rizzo VF, César JJ, Muelbredt O, Sprengart S, Gortner L, et al. Changes in hepatic risk factors, metabolic variables, body composition, and physical fitness in obese children after a one-year weight loss program. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2008;21(9):837-45
23. Pinhas-Hamiel O, Lerner-Geva L, Copperman N, Jacobson MS. Insulin resistance and parental obesity as predictors to response to therapeutic life style change in obese children and adolescents 10-18 years old. *J Adolesc Health*. 2008;43(5):437-43
24. Nassis GP, Papantakou K, Skenderi K, Triandafillopoulou M, Kavouras SA, Yannakoulia M, et al. Aerobic exercise training improves insulin sensitivity without changes in body weight, body fat, adiponectin, and inflammatory markers in overweight and obese girls. *Metabolism*. 2005;54(11):1472-1479
25. Chen AK, Roberts CK, Barnard RJ. Effect of a short-term diet and exercise intervention on metabolic syndrome in overweight children. *Metabolism*. 2006;55(7):871-8
26. Caranti D, de Melo MT, Prado WL, Tock L, Siqueira KO, de Piano A, et al. Short and long term beneficial effects of multidisciplinary therapy for the control of metabolic syndrome in obese adolescents. *Metabolism*. 2007;56(9):1293-300
27. Kelly AS, Wetzsteon RJ, Kaiser DR, Steinberger J, Bank AJ, Dengel DR. Inflammation, insulin, and endothelial function in overweight children and adolescents: the role of exercise. *J Pediatr* 2004;145(6):731-6
28. Monzavi R, Dreimane D, Geffner ME, Braun S, Conrad B, Klier M, et al. Improvement in risk factors for metabolic syndrome and insulin resistance in overweight youth who are treated with lifestyle intervention. *Pediatrics* 2006(6):117:e1111-e1118
29. Kelishadi R, Hashemi M, Mohammadifard N, Asgary N, Khavarian N. Association of Changes in Oxidative and Proinflammatory States with Changes in Vascular Function after a Lifestyle Modification Trial Among Obese Children. *Clin Chem*. 2008; 54(1):147-153
30. Kang HS, Gutin B, Barbeau P, Owens S, Lemmon CR, Allison J, et al. Physical training improves insulin resistance syndrome markers in obese adolescents. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(12):1920-7
31. Kirk S, Zeller M, Claytor R, Santangelo M, Khoury PR, Daniels SR. The relationship of health outcomes to improvement in BMI in children and adolescents. *Obes Res*. 2005;13(5):876-82
32. Reinehr T, Andler W. Changes in the atherogenic risk factor profile according to degree of weight loss. *Arch Dis Child*. 2004;89(5):419-22
33. Reinehr T, de Sousa G, Toschke AM, Andler W. Long-term follow-up of cardiovascular disease risk factors in children after an obesity intervention. *Am J Clin Nutr*. 2006;84(3):490-6
34. Reinehr T, de Sousa G, Andler W. Longitudinal analyses among overweight, insulin resistance, and cardiovascular risk factors in children. *Obes Res*. 2005; 13(10):1824-33
35. Reinehr T, de Sousa G, Wabitsch M. Changes of cardiovascular risk factors in obese children effects of inpatient and outpatient interventions. *Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2006;43(4):506-11
36. Kovács VA, Fajcsák Z, Gábor A, Martos E. School-based exercise program improves fitness, body composition and cardiovascular risk profile in overweight/obese children. *Acta Physiol Hung*. 2009;96(3):337-47
37. Wickham EP, Stern M, Evans RK, Bryan DL, Moskowitz WB, Clore JN, et al. Prevalence of the metabolic syndrome among obese adolescents enrolled in a multidisciplinary weight management program: clinical correlates and response to treatment. *Metab Syndr Relat Disord*. 2009;7(3):179-86
38. Coppen AM, Risser JA, Vash PD. Metabolic syndrome resolution in children and adolescents after 10 weeks of weight loss. *J Cardiometab Syndr*. 2008;3(4):205-10
39. Harden KA, Cowan PA, Velasquez-Mieryer P, Patton SB. Effects of lifestyle intervention and metformin on weight

- management and markers of metabolic syndrome in obese adolescents. *J Am Acad Nurse Pract.* 2007;19(7):368-77
40. Chang C, Liu W, Zhao X, Li S, Yu C. Effect of supervised exercise intervention on metabolic risk factors and physical fitness in Chinese obese children in early puberty. *Obes Rev.* 2008;9 Suppl 1:135-41
 41. Sudi KM, Gallistl S, Tröbinger M, Payerl D, Aigner R, Borkenstein MH. The effects of changes in body mass and subcutaneous fat on the improvement in metabolic risk factors in obese children after short-term weight loss. *Metabolism.* 2001;50(11):1323-9
 42. Kelishadi R, Hashemipour M, Mohammadifard N, Alikhassy H, Adeli K. Short- and long-term relationships of serum ghrelin with changes in body composition and the metabolic syndrome in prepubescent obese children following two different weight loss programmes. *Clin Endocrinol (Oxf).* 2008;69(5):721-9
 43. Tak YR, An JY, Kim YA, Woo HY. [The effects of a physical activity-behavior modification combined intervention (PABM-intervention) on metabolic risk factors in overweight and obese elementary school children]. *Taehan Kanho Hakhoe Chi.* 2007;37(6):902-13
 44. Shalitin S, Ashkenazi-Hoffnung L, Yackobovitch-Gavan M, Nagelberg N, Karni Y, Hershkovitz E, et al. Effects of a twelve-week randomized intervention of exercise and/or diet on weight loss and weight maintenance, and other metabolic parameters in obese preadolescent children. *Horm Res.* 2009;72(5):287-301
 45. Bell LM, Watts K, Siafarikas A, Thompson A, Ratnam N, Bulsara M, et al. Exercise alone reduces insulin resistance in obese children independently of changes in body composition. *J Clin Endocrinol Metab.* 2007;92(11):4230-5
 46. Meyer AA, Kundt G, Lenschow U, Schuff-Werner P, Kienast W. Improvement of early vascular changes and cardiovascular risk factors in obese children after a six-month exercise program. *J Am Coll Cardiol* 2006;48(9):1865-70
 47. Carrel AL, Clark RR, Peterson SE, Nemeth BA, Sullivan J, Allen DB. Improvement of fitness, body composition, and insulin sensitivity in overweight children in a school-based exercise program: a randomized, controlled study. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2005;159(10):963-8
 48. Ben Ounis O, Elloumi M, Ben Chiekh I, Zbidi A, Amri M, Lac G, et al. Effects of two-month physical-endurance and diet-restriction programmes on lipid profiles and insulin resistance in obese adolescent boys *Diabetes Metab.* 2008;34(6 Pt 1):595-600
 49. Kim ES, Im JA, Kim KC, Park JH, Suh SH, Kang ES. Improved insulin sensitivity and adiponectin level after exercise training in obese Korean youth. *Obesity (Silver Spring).* 2007;15(12):3023-30
 50. Kim YH, Yang YO. [Effects of walking exercise on metabolic syndrome risk factors and body composition in obese middle school girls]. *Taehan Kanho Hakhoe Chi.* 2005;35(5):858-67
 51. Park TG, Hong HR, Lee J, Kang HS. Lifestyle plus exercise intervention improves metabolic syndrome markers without change in adiponectin in obese girls. *Ann Nutr Metab.* 2007;51(3):197-203
 52. Woo KS, Chook P, Yu CW, Sung RY, Qiao M, Leung SS, et al. Effects of diet and exercise on obesity-related vascular dysfunction in children. *Circulation* 2004;109(16):1981-6
 53. Benson AC, Torode ME, Fiatarone Singh MA. Effects of resistance training on metabolic fitness in children and adolescents: a systematic review. *Obes Rev.* 2008;9(1):43-66
 54. Benson AC, Torode ME, Fiatarone Singh MA. A rationale and method for high-intensity progressive resistance training with children and adolescents. *Contemp Clin Trials.* 2007;28(4):442-50
 55. Benson AC, Torode ME, Fiatarone Singh MA. The effect of high-intensity progressive resistance training on adiposity in children: a randomized controlled trial. *Int J Obes (Lond).* 2008;32(6):1016-27
 56. Benson AC, Torode ME, Singh MA. Muscular strength and cardiorespiratory fitness is associated with higher insulin sensitivity in children and adolescents. *Int J Pediatr Obes.* 2006;1(4):222-31
 57. Davis JN, Kelly LA, Lane CJ, Ventura EE, Byrd-Williams CE, Alexander KA, et al. Randomized control trial to improve adiposity and insulin resistance in overweight Latino adolescents. *Obesity (Silver Spring).* 2009;17(8):1542-8
 58. Tsang TW, Kohn M, Chow CM, Singh MF. A randomized controlled trial of Kung Fu training for metabolic health in overweight/obese adolescents: the "martial fitness" study. *J Pediatr Endocrinol Metab.* 2009;22(7):595-607