



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**Análisis de las relaciones y efectos de
los niveles de aptitud muscular sobre la
coordinación motriz general y la
adiposidad corporal en población
escolar de 6 a 9 años.**

Autor:

Ángel Adrián Casas.

Tesis Doctoral.

A Coruña, 2016.

Directores:

Dr. Fernando Naclerio.

Dr. Xurxo Dopico Calvo.

Departamento de Educación Física y Deportiva.

Doctorado en Ciencias del Deporte, Educación Física y

Actividad Física Saludable.

D. FERNANDO NACLERIO, Doctor en Ciencias del Deporte de la Universidad de León y Profesor Titular del Departamento de Ciencias del Deporte de la Universidad de Greenwich, Reino Unido, y D. XURXO DOPICO CALVO, Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte y Profesor Titular del Departamento de Educación Física y Deportiva de la Universidad de A Coruña.

HACEN CONSTAR:

Que el Lic. en Educación Física D. Ángel Adrián Casas, ha realizado bajo su dirección el trabajo titulado “ANÁLISIS DE LAS RELACIONES Y EFECTOS DE LOS NIVELES DE APTITUD MUSCULAR SOBRE LA COORDINACIÓN MOTRIZ GENERAL Y LA ADIPOSIDAD CORPORAL EN POBLACIÓN ESCOLAR DE 6 A 9 AÑOS”, el cual reúne todas las condiciones para ser defendido y optar al grado de Doctor en Ciencias de la Actividad Física y Deportes.

Y para que así conste, lo firman en A Coruña, a

Dr. Fernando Naclerio

Dr. Xurxo Dopico Calvo

A mi hija María Pilar, latido vital de mi existencia...

...“Porque los científicos dicen que estamos hechos de átomos, pero a mí un pajarito me contó que estamos hechos de historias”.

(Eduardo Galeano).

AGRADECIMIENTOS.

Luego de un trabajo arduo, vasto y lleno de matices como fue esta tesis doctoral, me encuentro frente a una parte importante y muy placentera, escribir este espacio de agradecimientos. Han sido muchos los aportes, apoyo y acompañamiento de personas e instituciones que me permitieron llegar a este momento. Mi agradecimiento es absoluto.

Para comenzar agradezco a mi Director el Dr. Fernando Naclerio. Su dedicada y comprometida orientación han sido claves en mi trabajo, al igual que su nivel académico y honestidad intelectual contribuyeron a enriquecer mi formación, me siento en deuda con él, gracias, Fernando.

Agradezco al Dr. Xurxo Dopico Calvo, por su labor esencial como co-director. Por circunstancias especiales, tuve que trasladar mi expediente de la Universidad de León a la Universidad de La Coruña y encontré en su persona toda la colaboración y guía para avanzar en mi tarea.

Extiendo mi agradecimiento a la Universidad de La Coruña por recibirme en su programa de doctorado.

Agradezco al Dr. Sebastián Varela, quien fue una pieza clave en el soporte estadístico y sobre todo, en momentos difíciles me alentó y ayudó a continuar.

Al Lic. Christian García, soporte fundamental para desentrañar el micro-mundo del meta-análisis.

Agradezco a los profesores Juan Lofrano y Pablo Genga, del Colegio Atlántico del Sur (CADS) por su confianza y compromiso con este proyecto. A los profesores Adrián; Juan Pablo; Álvaro y Maxi, quienes colaboraron eficazmente en cada una de las clases de Educación Física durante el proyecto. A las autoridades educativas y a todo el personal del CADS por su implicación e interés durante los estudios realizados en la institución. También a los 341 niños que participaron del estudio y a sus padres que los autorizaron y se interesaron por el desarrollo de este trabajo.

Agradezco a Marina Borrell y Luciana Santoni, integrantes de la Biblioteca de la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional de la Plata, por la calidez, calidad y compromiso en su colaboración.

Quiero agradecer a mis maestros y formadores que con sus palabras y acciones moldearon mi aprendizaje. Al Dr. Ricardo Crisorio quien me enseñó a relacionarme honestamente con el saber. Al Prof. Mariano Giraldes, síntesis de todas las virtudes de un maestro. Al Lic. Adolfo Mogilevsky (†) generoso y admirado maestro que siempre recordaré.

Agradezco a los colegas que día a día enriquecen mi trabajo, renuevan mis preguntas y energías, ellos son: Marcelo Giles; Laura Pagola; María E. Villa; Claudio Herrera; Romina Lezcano; Maximiliano Berlin; Alejandro Zubik; Matías Santamaría; Agustín Lescano; Liliana Rocha; Juan Cruz Medina; Valeria Emiliozzi y Ariel Benavidez.

Al Dr. Fabio Espósito, Secretario de Posgrado y al Prof. Carlos Carballo, Director de Departamento, ambos de la Facultad de Humanidades de la UNLP, por su acompañamiento e interés. A la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional de La Plata, centro de referencia y pertenencia de mi formación y desempeño académico.

Además agradezco a todos mis alumnos de grado y posgrado de la Universidad Nacional de La Plata; de la Universidad Católica de La Plata; de la Universidad Favaloro y demás institucionales nacionales y extranjeras en las que desempeñé mi tarea docente durante 29 años de trabajo; ellos me han enriquecido profundamente.

Agradezco a mis amigos: Daniel Forte Fernández, poseedor del zen, por estar siempre a mi lado; Alfonso Jiménez Gutiérrez, por su empatía; Mariano Ferro y Jorge Rodríguez por su incondicionalidad; Roberto Peidro por ser uno de mis espejos profesionales y Avery Faigenbaum por la calidez de su amistad.

A María José Lorente, por su esencia.

Finalmente y **en especial** agradezco a mis padres, María Eugenia Benedetti (†) y Héctor Raúl Casas (†) por la profundidad de su amor. A mi abuela María Pilar Ormaechea (†) por su valentía, amor y entrega infinita. A mi hija María Pilar Casas, porque es cuerpo, alma y espíritu de mi vida. A mi hermano Alejandro Raúl Casas, por ser mi memoria y mi otra mitad. A Matilde, María Lucía y María Emilia, por su amor y comprensión. A Clarita, Rodolfo, María y Sebastián, porque siempre fueron mi familia.

RESUMEN.

El desarrollo de inactividad física y obesidad es crítico durante la niñez, ya que la actividad física es esencial para el crecimiento, maduración y bienestar. El incremento de la aptitud muscular en los niños reduce la mortalidad, el riesgo cardio-metabólico y la adiposidad total. La evidencia señala que los niños han reducido su actividad física y sus niveles de fuerza y habilidades básicas. La escuela es el ámbito más idóneo para revertir esta tendencia que compromete a la salud integralmente. El objetivo de este trabajo fue analizar los niveles y relaciones de la aptitud muscular con la coordinación motriz general y la adiposidad corporal de niños escolares de 6 a 9 años. Los resultados demostraron que los programas de entrenamiento de la aptitud muscular son eficaces para reducir la grasa corporal ($d = -0.37$) e incrementar el desempeño motriz en la saltabilidad y el lanzamiento ($d = 0.54$ y 0.49 , respectivamente) de los jóvenes. Los niños con niveles altos de aptitud muscular tienen mayor coordinación motriz. La aplicación de un programa de entrenamiento de la aptitud muscular integrado en el contexto escolar resultó viable, seguro y eficaz. En conclusión: I) El nivel de aptitud muscular se relaciona positivamente con el de coordinación motriz general. II) Los niños con altos niveles de aptitud muscular, independientemente de su nivel de adiposidad corporal, tienen mejor rendimiento en su coordinación motriz general. III) El entrenamiento de la aptitud muscular induce mejoras en la coordinación motriz general de niños escolares de 6 a 9 años.

Palabras clave: aptitud muscular, niños, coordinación motriz general, escolares, entrenamiento con niños, salud, fuerza muscular, adiposidad infantil, educación física.

ABSTRACT.

The development of physical inactivity and obesity is critical during childhood, due to physical activity is essential for growing, developing and wellness. The increase in the muscular fitness in children reduces mortality, cardio-metabolic risks and total adiposity. The evidence shows that children have reduced physical activity and strength levels and also basic abilities. The school is the ideal place to reverse this trend that compromises health in an integral way. The main objective of this thesis was to analyze the levels and relationship between muscular fitness and general motor coordination and also corporal adiposity in school children from six to nine years old. Results support the effectiveness of the muscular fitness oriented interventions to reduce body fat ($d=-0.37$) and increase the motor performance estimated from jumping and throwing special tasks ($d=0.54$ and 0.49 respectively) in children of 6 to 9 years old. Children with high levels of muscular fitness, regardless of their body fat, demonstrated higher levels of motor coordination. The implementation of a training program based on muscular fitness integrated in the school context was feasible, safe and effective. Conclusions: I) the level of muscular fitness is positively related to the general motor coordination. II) Children with high levels of muscular fitness, regardless of their level of body fat, have better performance overall motor coordination. III) Muscular fitness training induces improvements in general motor coordination of school children 6 to 9 years.

KEYWORDS: muscular fitness, children, general motor coordination, school children, kids training, health, muscular strength, child body fat, physical education.

ÍNDICE

Abreviaturas.....	19
Índice de tablas y figuras.....	21
I. INTRODUCCIÓN.....	23
II. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	29
III. ESTUDIOS EMPÍRICOS.....	34
III.1. Estudio 1. “Efectos del entrenamiento de la aptitud muscular sobre la adiposidad corporal y el desempeño motriz en niños y jóvenes: un meta-análisis” ..	36
III.1.1. Resumen.....	36
III.1.2. Introducción.....	36
III.1.3. Métodos.....	39
III.1.4. Estrategia de búsqueda.....	39
III.1.5. Criterios de inclusión y exclusión.....	40
III.1.6. Identificación de los estudios.....	41
III.1.7. Proceso de codificación y recolección de datos.....	41
III.1.8. Evaluación del riesgo del sesgo.....	41
III.1.9. Análisis estadístico.....	42
III.1.10. Resultados.....	44
III.1.11. Selección de los estudios.....	44
III.1.12. Características de los estudios incluidos.....	44
III.1.13. Entrenamiento de la aptitud muscular, adiposidad corporal y desempeño motriz.....	51
III.1.14. Discusión.....	55
III.1.15. Fortalezas y limitaciones.....	60
III.1.16. Conclusiones.....	61
III.2. Estudio 2. “Relaciones entre los niveles de aptitud muscular, coordinación motriz general e índice de masa corporal en niños y niñas escolares de 6 a 9 años” ..	62
III.2.1. Resumen.....	62
III.2.2. Introducción.....	63
III.2.3. Material y métodos.....	64

III.2.4. Diseño y participantes.	64
III.2.5. Evaluaciones.....	65
III.2.6. Evaluaciones antropométricas.....	65
III.2.7. Test de Aptitud muscular.....	66
III.2.8. Test de Coordinación motriz general.....	66
III.2.9. Determinación del score de actividad física.....	68
III.2.10. Análisis estadístico.....	69
III.2.11. Resultados.....	70
III.2.12. Discusión.....	73
III.2.13. Fortalezas y limitaciones.....	75
III.2.14. Conclusiones.....	75
III.3. Estudio 3. “Efectos de un programa de entrenamiento de la aptitud muscular sobre la coordinación motriz general, aptitud muscular y adiposidad corporal en niños escolares de 6 a 9 años”.....	77
III.3.1. Resumen.....	77
III.3.2. Introducción.....	77
III.3.3. Diseño y métodos.....	79
III.3.4. Participantes.....	80
III.3.5. Evaluaciones.....	81
III.3.6. Evaluaciones antropométricas.....	81
III.3.7. Test de aptitud muscular.....	82
III.3.8. Test de coordinación motriz general.....	83
III.3.9. Periodo de familiarización.....	84
III.3.10. Programa de entrenamiento de aptitud muscular.....	84
III.3.11. Análisis estadístico.....	86
III.3.12. Resultados.....	87
III.3.13. Comparación de las características iniciales entre los grupos experimental y control.....	87
III.3.14. Cambios en la adiposidad corporal, aptitud muscular y coordinación motriz general.....	87
III.3.15. Discusión.....	90
III.3.16. Fortalezas y limitaciones.....	92
III.3.17. Conclusiones.....	93
IV. DISCUSIÓN GENERAL.....	95
IV.1. Limitaciones y propuestas para futuros estudios.....	100

IV.2. Conclusiones.....	101
V. BIBLIOGRAFÍA.....	103
VI. ANEXOS.....	126
VI.1. Anexo 1.....	128
VI.2. Anexo 2.....	137
VI.3. Anexo 3.....	146

Abreviaturas.

AC: Adiposidad corporal.

AM: Aptitud muscular.

BM: Balón medicinal.

Cic: Circunferencia de cintura.

CM: Cociente motor.

CMG: Coordinación motriz general.

DEXA: Absorciometría con rayos X de doble energía.

DMG: Desempeño motriz general.

E: Estatura.

ECA: Equilibrio caminando hacia atrás.

EEP: Escala de esfuerzo percibido.

GC: Grupo control o contraste.

GCT: Grasa corporal total.

GE: Grupo experimental.

GIN: Grupo intervención con educación nutricional.

GINF: Grupo intervención con educación nutricional y ejercicios de fuerza.

GINFA: Grupo de intervención con educación nutricional, ejercicios de fuerza y ejercicios aeróbicos.

IAM: Índice de aptitud muscular.

Ice: Índice cintura-estatura.

IMC: Índice de masa corporal.

KTK: Test de coordinación corporal.

LBM: Lanzamiento de balón medicinal.

M1: Momento anterior a la intervención.

M2: Momento posterior a la intervención.

MF: Máquinas de fuerza.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

PC: Peso corporal.

PL: Pesos libres.

Pt: Pliegue tricípital.

% gc: Porcentaje de grasa corporal.

SL: Salto en longitud sin carrera previa.

SLC: Saltos laterales continuados.

SM: Salto monopodal.

TE: Tamaño de efecto.

TL: Transposición lateral.

1RM: 1 repetición máxima.

Índice de tablas y figuras.

Tabla 1. Características de los estudios incluidos en el meta-análisis....	46
Tabla 2. Riesgo de sesgo de los estudios incluidos.....	147
Tabla 3. Características de la muestra estudiada.....	70
Tabla 4. Correlaciones entre las variables relevadas en el estudio.....	71
Tabla 5. Diferencia de medias en cociente motor según aptitud muscular.....	148
Tabla 6. Diferencia de medias en cociente motor según índice de masa corporal.....	148
Tabla 7. Anova factorial. Pruebas de los efectos inter-sujetos.....	148
Tabla 8. Regresión lineal múltiple. Coeficientes.....	149
Tabla 9. Programa de entrenamiento de la aptitud muscular.....	85
Tabla 10. Cambios en las características físicas, aptitud muscular y coordinación general de los participantes.....	88
Tabla 11. ANCOVA. Prueba de los efectos inter-sujetos. Variable dependiente: Diferencia en lanzamiento del balón medicinal.....	150
Tabla 12. ANCOVA. Prueba de los efectos inter-sujetos. Variable dependiente: Diferencia en salto en longitud sin carrera.....	151
Tabla 13. ANCOVA. Prueba de los efectos inter-sujetos. Variable dependiente: Diferencia en cociente motor.....	152

FIGURAS.

Figura 1. Diagrama de flujo de búsqueda de los estudios.....	43
Figura 2. Forest plot “Efectos del entrenamiento de la aptitud muscular sobre la grasa corporal en los estudios incluidos”.....	51
Figura 3. Forest plot “Efectos del entrenamiento de la aptitud muscular sobre el rendimiento motriz de la saltabilidad en los estudios incluidos” ...	52
Figura 4. Forest plot “Efectos del entrenamiento de la aptitud muscular sobre el rendimiento motriz del lanzamiento en los estudios incluidos”	52
Figura 5. Análisis de sensibilidad para el IMC de los estudios incluidos...	53
Figura 6. Análisis de sensibilidad para la grasa corporal de los estudios	

incluidos.....	54
Figura 7. Análisis de sensibilidad para el rendimiento motriz del salto de los estudios incluidos.....	54
Figura 8. Análisis de sensibilidad para el rendimiento motriz del lanzamiento de los estudios incluidos.....	55
Figura 9. Funnel plot IMC.....	146
Figura 10. Funnel plot grasa corporal.....	146
Figura 11. Funnel plot Lanzamiento de balón medicinal.....	146
Figura 12. Funnel plot Salto en longitud.....	146
Figura 13. Relación entre los niveles de aptitud muscular, IMC y cociente motor.....	73
Figura 14. Secuencia de actividades del estudio.....	80
Figura 15. Medias de IMC, LBM, SL y CM de ambos grupos Pre y Post intervención.....	90

I. INTRODUCCIÓN.

I. INTRODUCCIÓN.

Desde una perspectiva evolutiva el hombre ha cambiado muy poco su potencial genético en los últimos 50.000 años; al mismo tiempo, ha producido enormes cambios en su entorno social y en su interacción con el medio. La reducción drástica en el gasto de energía asociado a una disminución del nivel de actividad física y a un incremento en el consumo energético, son ejemplos de estos cambios. Nuestros ancestros del período Paleolítico realizaban actividad física para satisfacer sus necesidades de alimentación y supervivencia; por lo tanto la alimentación, reproducción y actividad física fueron necesidades básicas para la especie humana (Chakravarthy & Booth, 2004). Ese entorno ambiental impuso un estilo de vida signado por la alternancia de ciclos de abundancia y carencia de alimentos. Sobre estas bases se modeló un genoma humano que aseguró la supervivencia de la especie y fue denominado “genotipo ahorrador”; concepto propuesto por Neel (1962) y definido como la eficiencia excepcional en la captación y/o utilización de alimentos. Tal genotipo almacenaba energía para los períodos de hambruna y mantenía la homeostasis, mientras que la actividad física encerraba dos claves para la salud, por un lado el gasto energético (± 1200 Kcal/día) y por otro la actividad muscular regular, que permitía el mantenimiento de la función muscular y el desarrollo de la fuerza motriz.

El entorno del hombre actual es muy diferente; el gasto energético diario en actividad física, por ejemplo, es un 30% del que tenía el “cazador-recolector” hace 15.000 años. Las tareas laborales, cotidianas y el tiempo libre no implican el uso del cuerpo según sus requerimientos biológicos esenciales; los niveles de actividad física son insuficientes y, por ello, aumentan la prevalencia de enfermedades crónicas y el riesgo de mortalidad (Chakravarthy & Booth, 2004; OMS, 2012).

La inactividad física es considerada el 4º factor de riesgo de mortalidad mundial, 60% de la población del planeta la padece y se encuentra estrechamente relacionada con el sobrepeso y obesidad (OMS, 2012). El entorno moderno fue definido como un “ambiente obesogénico” y descrito

como la suma de influencias que tienen los entornos, oportunidades o circunstancias de la vida para promover obesidad en los individuos o en la sociedad (Lake & Townshend, 2006). El aumento de la obesidad resulta coincidente y concurrente con la reducción de la actividad física cotidiana (Brownson, Boehmer, & Luke, 2005; Watts, Jones, Davis, & Green, 2005). El desarrollo de esta epidemia mundial de inactividad física y obesidad es particularmente crítico durante la niñez, ya que la actividad física es esencial para el crecimiento, desarrollo y bienestar de los jóvenes (Borms, 1986; Chakravarthy & Booth, 2004; Meen & Oseid, 1982). Los beneficios de la actividad física regular para los niños están relacionados con la influencia positiva sobre la composición corporal, la salud cardiovascular y metabólica, la aptitud aeróbica y muscular, el desarrollo de un comportamiento activo, autoestima y bienestar general (Malina, 2010; Strong et al., 2005). La actividad física y la aptitud física son poderosos predictores de la salud (Rizzo, Ruiz, Hurtig-Wennlöf, Ortega, & Sjöström, 2007; Williams, 2001) y ambas presentan una reducción alarmante en la últimas décadas entre los jóvenes de diferentes países del mundo (Hallal et al., 2012; Nader, Bradley, Houts, McRitchie, & O'Brien, 2008; Tomkinson & Olds, 2007; Tremblay et al., 2011; Verloigne et al., 2012).

Con relación a la aptitud física, los estudios destacan la importancia de la aptitud muscular para la salud (Benson, Torode, & Singh, 2006; García-Artero et al., 2007; Ruiz, Ortega, et al., 2008). Cuando los jóvenes reducen sus niveles de fuerza muscular entre la niñez y adolescencia se comprueba un incremento significativo de la adiposidad total (Janz, Dawson, & Mahoney, 2002; Twisk, Kemper, & Van Mechelen, 2000), del riesgo cardio-metabólico (Ruiz et al., 2009) y de la mortalidad (Ortega, Silventoinen, Tynelius, & Rasmussen, 2012). Además, los estudios indican que la aptitud muscular de los niños se ha reducido en las últimas décadas (Cohen et al., 2011; Runhaar et al., 2010; Tyler et al., 2015). Por lo tanto, es importante la evaluación y el desarrollo de los niveles de fuerza muscular desde edades tempranas (Ruiz et al., 2009).

Los niños también presentan en la actualidad una reducción en el dominio de las habilidades básicas de movimiento (Logan, Robinson, Wilson, & Lucas,

2012; Stodden et al., 2008). Esta condición, junto a los bajos niveles de fuerza muscular, incrementa la inseguridad, los hace menos competentes, refuerza las conductas sedentarias y la inactividad física (Faigenbaum, Lloyd, & Myer, 2013). La edad escolar es un período crítico de la vida, caracterizado por cambios muy dinámicos en el desarrollo fisiológico y psico-social de los niños, óptimo para promover conductas y comportamientos saludables (Faigenbaum & Myer, 2012; Scruggs et al., 2003).

La escuela es el ámbito más idóneo para adquirir, desarrollar y mejorar las facultades físicas, intelectuales y sociales; como los niños pasan muchas horas del día en la escuela, las clases de Educación Física son muy importantes para el desarrollo de estas aptitudes y competencias. Por ejemplo, las habilidades motrices básicas no se desarrollan “naturalmente”, sino que requieren de la mediación de la enseñanza (Branta, Haubenstricker, & Seefeldt, 1984). Los niños deben tener oportunidades de practicar diversas tareas, en múltiples contextos y secuencias. La corrección técnica de los movimientos, su progresión en complejidad, el tiempo destinado a la enseñanza y la idoneidad, compromiso y motivación de los docentes y alumnos es clave para consolidar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Las clases de Educación Física, además, pueden promover el desarrollo y mantenimiento de la aptitud física de los niños, considerando las recomendaciones internacionales (US Dept. of Health and Human Services, 2008; World Health Organization, 2010).

Existe consenso internacional respecto a que los niños deben implicarse, al menos, en 60 minutos diarios de actividad física y que es necesario incluir ejercicios de fortalecimiento muscular y óseo (US Dept of Health and Human Services, 2008; World Health Organization, 2010). En Argentina, según los datos de un estudio publicado en el año 2014 (Universidad Católica Argentina, Observatorio de Deuda Social, 2014) el 45,4% de la población urbana entre 5 y 17 años presenta inactividad física, ya que no logra una práctica diaria de 60 minutos. El 48,1% de esos niños tuvieron menos de 2 clases semanales de Educación Física durante todo el año escolar. Además, el 61,8% de esos jóvenes tienen un comportamiento sedentario, ya que pasan más de 2 horas diarias frente a diversos tipos de pantallas (televisor, computadora, tabletas,

etc.). La concurrencia de ambos factores, inactividad física y sedentarismo, incrementa el riesgo para la salud. El 47% de los niños en Argentina registra un comportamiento de riesgo; entre ellos, el 27% tiene un riesgo alto y el 20% un riesgo moderado. También, los niños presentaron “déficit de juego activo” (actividad física en el tiempo libre) en torno al 54,1%, aumentando con la edad, y “déficit de actividad física estructurada” (actividades extracurriculares) 56,2%.

Respecto a la aptitud muscular de los niños en etapa escolar, en Argentina, no hay datos ni valores de referencia que surjan de una investigación específica. Sí hay estudios que evaluaron los componentes de la aptitud física de modo integral, con baterías de test como Eurofit, Fitnessgram o Alpha y orientados hacia el perfil de riesgo cardiovascular de los jóvenes, como el estudio de Secchi (2014). Tampoco hay estudios específicos que evalúen la coordinación motriz general. Hasta nuestro conocimiento, las referencias más relevantes para la región de Sudamérica se han realizado en Brasil (Gorla, Duarte, & Montagner, 2009) y en Perú (Valdivia et al., 2008).

En resumen, los niños en edad escolar en Argentina demuestran niveles similares a los del resto del mundo en torno a la inactividad física, comportamiento sedentario y prevalencia de obesidad; se hace evidente la importancia de la evaluación de la aptitud muscular y la programación de ejercicios para su desarrollo y mantenimiento desde edades tempranas.

II. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.

II. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.

El presente trabajo fue motivado por las siguientes preguntas iniciales:

- ¿Cuál es la eficacia de los programas de entrenamiento de la aptitud muscular para producir efectos sobre la adiposidad corporal y el rendimiento motriz de niños escolares?
- ¿Cuáles son los niveles de fuerza muscular y los de coordinación motriz general de niños escolares entre 6 y 9 años en Argentina?
- ¿De qué manera influye la inactividad física y el estatus de masa corporal sobre los niveles de aptitud muscular y de coordinación motriz general?
- ¿Qué relaciones hay entre estas variables?
- ¿En qué medida puede influir un programa de entrenamiento de la aptitud muscular, integrado en la clase de Educación Física, sobre estas variables y sus relaciones?

La importancia de los niveles de fuerza muscular para la salud de niños y jóvenes es bien reconocida, del mismo modo que la drástica reducción de sus niveles de fuerza muscular y habilidades motrices básicas. En consecuencia, resulta importante evaluar su aptitud muscular y coordinación motriz general, ya que ambas influyen directamente en los niveles de actividad física y salud de los niños. En Argentina no existe experiencia, en el ámbito escolar, en la aplicación de evaluaciones de la aptitud muscular, adiposidad corporal y coordinación motriz general, integradas en las clases de Educación Física y en su currícula. Tampoco existen antecedentes de programas de entrenamiento de la aptitud muscular, desarrollados en similares condiciones. Por lo tanto, los resultados de la presente tesis aportarán información que ayude al diseño de programas de evaluación y programación del ejercicio para reducir los efectos y las consecuencias del estilo de vida actual. Autoridades educativas y Profesores de Educación Física podrán tomar decisiones y elaborar estrategias curriculares controlando la evolución de los niveles de aptitud muscular y coordinación motriz general de los niños.

La presente tesis doctoral persigue los siguientes objetivos.

Objetivo General.

- Analizar los niveles y relaciones de la aptitud muscular con la coordinación motriz general y la adiposidad corporal de niños escolares de 6 a 9 años.

Objetivos Específicos.

- I. Determinar la eficacia del efecto de entrenamiento de la aptitud muscular sobre el nivel de adiposidad y el rendimiento motriz en niños y jóvenes que no participan en deporte profesional y de alta competición.
- II. Examinar las relaciones entre aptitud muscular, coordinación motriz general, adiposidad corporal, escore de actividad física, edad y sexo en niños escolares de 6 a 9 años.
- III. Identificar la influencia de la aptitud muscular sobre la coordinación motriz general y el índice de masa corporal en niños escolares de 6 a 9 años.
- IV. Identificar los efectos de un programa de entrenamiento de la aptitud muscular de 12 semanas sobre la coordinación motriz general, aptitud muscular y adiposidad corporal en niños escolares de 6 a 9 años.

El presente trabajo está conformado por tres estudios que se presentan en el apartado III. El primero es un meta-análisis sobre los efectos del entrenamiento de la aptitud muscular en la adiposidad corporal y el desempeño motriz de niños y jóvenes. En el ámbito de las ciencias de la salud, la educación y las ciencias sociales, el meta-análisis es una de las herramientas más idóneas para determinar el efecto de programas de intervención. El segundo es un estudio transversal que analiza las relaciones entre los niveles de aptitud muscular, coordinación motriz general y adiposidad en niños escolares de 6 a 9 años. El tercero es un estudio de intervención, con dos grupos paralelos: experimental y control, para evaluar los efectos de un programa de entrenamiento de la aptitud muscular sobre la coordinación motriz general, aptitud muscular y adiposidad corporal en niños escolares de 6 a 9 años. El material y método, procedimientos estadísticos, resultados y discusión se

desarrollan en cada uno de los estudios. Finalmente, en el apartado IV, se analizan e integran los resultados y aportes de los tres estudios realizados para presentar una conclusión final que responde al objetivo general de la tesis.

Los objetivos específicos enunciados se abordarán en los siguientes apartados:

- Objetivo I, en el apartado III, Estudio 1 “Efectos del entrenamiento de la aptitud muscular sobre la adiposidad corporal y el desempeño motriz en niños y jóvenes: un meta-análisis”.
- Objetivos II y III, en el apartado III, Estudio 2 “Relaciones entre los niveles de aptitud muscular, coordinación motriz general e índice de masa corporal en niños escolares de ambos sexos de 6 a 9 años”.
- Objetivo IV, en el apartado III, Estudio 3 “Efectos de un programa de entrenamiento de la aptitud muscular sobre la coordinación motriz general, aptitud muscular y adiposidad corporal en niños escolares de 6 a 9 años”.

III. ESTUDIOS EMPÍRICOS.

III.1. Estudio 1. “Efectos del entrenamiento de la aptitud muscular sobre la adiposidad corporal y el desempeño motriz en niños y jóvenes: un meta-análisis”.

III.1.1. Resumen.

El propósito de este meta-análisis fue determinar la eficacia del efecto de entrenamiento de la aptitud muscular sobre el nivel de adiposidad y el rendimiento motriz en niños y jóvenes que no participan en deporte profesional y de alta competición. Se realizó una búsqueda sistemática en siete bases de datos electrónicas. Los estudios analizados fueron solo ensayos controlados que evaluaron los efectos del entrenamiento de la aptitud muscular sobre la adiposidad corporal (índice de masa corporal IMC; grasa corporal total GCT y adiposidad abdominal) y el desempeño motriz (salto en longitud sin carrera previa SL y lanzamiento de balón medicinal LMB) de niños y jóvenes. Dos evaluadores revisaron los estudios de forma independiente. Veintidós estudios cumplieron con los criterios de inclusión y fueron utilizados en este meta-análisis (n= 697). El tamaño del efecto (TE) fue calculado usando el estadístico de Cohen, índice de la familia d. El efecto global estimado para el IMC fue pequeño y el límite del intervalo superior fue >0 (n= 7, d= -0.12, IC 95% -0.35 a 0.10). En el caso de la grasa corporal el TE fue moderado (n= 8, d= -0.37, IC 95% -0.58 a -0.17), al igual que el rendimiento de saltabilidad (n= 12, d= 0.54, IC 95% 0.36 a 0.72) y lanzamiento (n=4, d= 0.49, IC 95% 0.22 a 0.76). Los resultados de este meta-análisis sugieren que los programas de entrenamiento de la aptitud muscular son eficaces para reducir la adiposidad corporal e incrementar el desempeño motriz en la saltabilidad y el lanzamiento de niños y jóvenes que no participan en deporte profesional y de alta competición.

III.1.2. Introducción.

Las investigaciones relacionadas con los efectos positivos del ejercicio sobre la salud se desarrollaron tradicionalmente sobre la base del ejercicio aeróbico y el desarrollo de la aptitud cardio-respiratoria (Ortega et al., 2011; Ortega, Ruiz, Castillo, & Sjostrom, 2008). Sin embargo, diversos estudios realizados con adultos destacaron los efectos positivos de los ejercicios de fuerza muscular y

el desarrollo de la aptitud muscular sobre la salud influyendo en la reducción de la tasa de mortalidad de los participantes (Ruiz, Sui, et al., 2008; Ortega et al., 2012).

La literatura científica constata que los programas de entrenamiento de la fuerza muscular con niños y jóvenes son seguros y eficaces cuando son supervisados por profesionales cualificados (Faigenbaum et al., 2009; Lloyd et al., 2014; Stratton et al., 2004). El desarrollo de este tipo de programas provoca adaptaciones positivas para la salud actuando sobre la modificación de la composición corporal (Schwingshandl, Sudi, Eibl, Wallner, & Borkenstein, 1999), la reducción de la grasa corporal (Benson, Torode, & Singh, 2008b; Watts et al., 2005) y el contenido mineral óseo (Faigenbaum & Myer, 2010; Vicente-Rodríguez, 2006). En jóvenes obesos se comprobó la mejora de la sensibilidad a la insulina (Shaibi et al., 2006) y de la función cardiaca (Naylor et al., 2008). Además, los programas de entrenamiento de la fuerza muscular producen mejoras significativas en el desarrollo de la fuerza, la potencia, la resistencia muscular local (Behringer, VomHeede, Yue, & Mester, 2010; Faigenbaum et al., 2009; Falk & Tenenbaum, 1996; Payne, Morrow, Johnson, & Dalton, 1997; Sander, Keiner, Wirth, & Schmidtbleicher, 2013) y el rendimiento motor general de niños y jóvenes. La evidencia actual sugiere que estos beneficios son independientes del desarrollo de la aptitud cardio-respiratoria (Castillo-Garzón, Ruiz, Ortega & Gutierrez-Sainz, 2006; Ortega et al., 2008). Por lo tanto, se recomienda de manera específica la implementación de programas de entrenamiento de la aptitud muscular para niños y jóvenes. Además, el incremento de la aptitud muscular en la infancia puede ser mantenido con diferentes programas de entrenamiento durante la adolescencia y en la edad adulta, asociándose con la reducción del riesgo cardiovascular y metabólico futuro (Grøntved et al., 2015; Ortega et al., 2012).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce a la inactividad física como el cuarto factor de riesgo de mortalidad mundial entre las enfermedades no transmisibles y, junto a otras Agencias internacionales y Organismos de Salud, recomienda el desarrollo de acciones que promocionen el ejercicio y que incluyan programas de entrenamiento de fuerza muscular para niños, jóvenes y

para todas las edades (US Dept of Health and Human Services, 2008; World Health Organization, 2010).

Algunas revisiones sistemáticas han investigado los efectos de los programas de entrenamiento de la fuerza muscular sobre la salud en niños y jóvenes (Behringer et al., 2010; Benson, Torode, & Singh, 2008a; Schranz, Tomkinson, & Olds, 2013; Smith et al., 2014), sin embargo no conocemos estudios que hayan investigado la influencia de estos programas específica y conjuntamente sobre la adiposidad corporal y el rendimiento motriz en población infanto-juvenil. Por lo tanto, el propósito de esta revisión es determinar la eficacia del efecto de entrenamiento de la aptitud muscular sobre el nivel de adiposidad y el desempeño motriz en niños y jóvenes.

Terminología.

Definiremos a continuación la terminología que utilizaremos a lo largo de esta revisión sistemática. El término “aptitud muscular” representa en un solo concepto a la fuerza muscular, la resistencia muscular local y la potencia muscular (Smith et al., 2014). En este estudio, “entrenamiento de la aptitud muscular” será utilizado como sinónimo de entrenamiento de la fuerza muscular. El concepto de “desempeño motriz” expresa el nivel de desarrollo y rendimiento del movimiento humano, definido básicamente por el dominio de habilidades elementales (Stodden et al., 2008). Para los niños y jóvenes las actividades cotidianas, los juegos y deportes requieren, desde edades tempranas, habilidades motrices esenciales (como correr, saltar y lanzar), tanto para su funcionamiento biológico como social. El presente manuscrito se focalizará en los saltos y lanzamientos. El término “niños” será empleado para referirse a niñas y niños hasta 11 y 13 años respectivamente, mientras que el término “jóvenes” se referirá a mujeres y varones de 12 y 14 hasta 18 años, respectivamente (Faigenbaum et al., 2009). Finalmente, usaremos el término “adiposidad corporal” para referirnos a la cantidad de tejido adiposo valorado mediante diferentes métodos, técnicas e índices con validez científica reconocida (Absorciometría con rayos x de doble energía DEXA; Resonancia magnética nuclear; IMC; Medición de pliegues cutáneos; Circunferencia de

cintura; Otros índices) (Ellis, 2000; Kaufer-Horwitz & Toussaint, 2008; Martín Moreno, Gómez Gandoy, & Antoranz González, 2001); y usaremos el término “peso saludable” para referirnos al peso corporal comprendido entre los percentiles 5 y < 85 (Centers for Disease Control and Prevention, 2015; Hruby et al., 2012).

III.1.3. Métodos.

Los métodos de análisis y los criterios de inclusión fueron especificados en un documento previo que se inscribió en el Registro Internacional Prospectivo de Revisiones Sistemáticas, PROSPERO (CRD42016032650) (Anexo 1).

III.1.4. Estrategia de búsqueda.

La revisión sistemática de la literatura se realizó siguiendo las recomendaciones y criterios provistos por la Guía para informes de revisiones sistemáticas y meta-análisis: Declaración PRISMA (Liberati et al., 2009; Moher, Liberati, Tetzlaff, Altman, & The PRISMA Group, 2009). Los procedimientos desarrollados en este meta-análisis se acordaron con antelación entre los autores e incluían: identificación; detección; elegibilidad; inclusión y exclusión de los estudios. Se realizó una búsqueda sistemática en siete bases de datos electrónicas (PubMed; Medline Plus; Scopus; SPORTDiscus; Cochrane Library; CINAHL y Web of Science); además, se realizaron búsquedas manuales en las listas de referencias bibliográficas de artículos científicos relevantes como revisiones sistemáticas y otros meta-análisis. La búsqueda de los artículos se realizó entre enero y febrero del año 2015 (no se incluyeron estudios posteriores a ese período). Se identificaron artículos escritos solo en idioma inglés y publicados en revistas científicas con sistema de revisión de pares; no se incluyó “literatura gris” (es decir, literatura que no ha sido publicada formalmente) (Hopewell, McDonald, Clarke, & Egger, 2007).

Para la búsqueda se utilizaron las siguientes palabras claves y operadores booleanos: (*strength OR endurance OR power OR “resistance training” OR “weight training” OR “muscular fitness”*) AND (*children OR “elementary school”*)

OR “primary school” OR young OR adolescents) AND (“body mass index” OR “body fat” OR “body weight” OR adiposity OR obesity OR overweight OR fatness OR “waist circumference”) AND (“motor performance” OR “gross motor skills” OR “motor proficiency”) AND (health OR risk OR benefit OR effect) AND (“controlled trial” OR random OR intervention OR prospective OR trial).

Una vez recogidas todas las referencias se combinaron los resultados de las búsquedas y se excluyeron aquellas que estaban duplicadas. Finalmente, se escogieron los estudios que cumplían con los criterios de elegibilidad.

III.1.5. Criterios de inclusión y exclusión.

Los criterios de inclusión para esta revisión sistemática fueron los siguientes:

(1) Los participantes de los estudios debían ser niña/os y jóvenes de la población general, con edades entre 6 y 18 años, y cualquiera que fuese su Índice de Masa Corporal (IMC). Fueron excluidos los estudios en que participaron poblaciones de atletas de alto rendimiento y grupos con patologías cardiovasculares, respiratorias, metabólicas, neuromusculares y mentales.

(2) Los estudios debían ser ensayos controlados, es decir, que comparasen uno o más grupos de intervención con uno o más grupos de control.

(3) Los estudios debían utilizar una evaluación cuantitativa de la aptitud muscular (AM), el desempeño motriz general (DMG) y la adiposidad corporal (AC). Debían proporcionar claramente una descripción del programa de intervención y sus resultados o efectos logrados.

(4) Fueron incluidos también estudios que comparaban el efecto de diversas intervenciones combinadas (por ejemplo, recomendaciones nutricionales; ejercicio aeróbico; ejercicio de fuerza; intervenciones psicológicas; etc.) siempre que la conformación de los subgrupos de intervención y control permitiesen identificar y comparar los efectos que este meta-análisis pretende estudiar.

(5) Los estudios debían presentar información suficiente para el cálculo de la diferencia de medias entre los grupos.

(6) Fueron incluidos solamente estudios publicados en inglés.

Los criterios enunciados sustentan el concepto de que la diferencia encontrada entre grupo experimental y contraste es producida por la intervención.

III.1.6. Identificación de los estudios.

Los estudios fueron seleccionados del siguiente modo: a) búsqueda por título; b) búsqueda por resúmenes; c) si los resúmenes no estaban disponibles o eran insuficientes en su información, se recuperó el artículo completo para su análisis; d) cuando los datos no eran presentados de modo preciso (por ejemplo, disponibles en figuras o gráficos) se contactó a los autores para consultarlos acerca de los datos y rangos en cuestión; e) análisis de los artículos completos para confirmar si reunían los criterios de inclusión.

III.1.7. Proceso de codificación y recolección de datos.

De cada uno de los estudios elegidos e incluidos en esta revisión sistemática se extrajo la siguiente información cualitativa y cuantitativa: autor; año de publicación; cantidad y características de los participantes en el grupo intervención y contraste; tipos de evaluaciones pre y post intervención; características de la intervención (duración total, medios empleados, número de ejercicios y series realizadas, intensidad, volumen, frecuencia, pausas y progresión de las cargas, adherencia al programa); variables estudiadas relacionadas con la adiposidad (IMC; Circunferencia de cintura; porcentaje de grasa corporal) y el desempeño motriz (evaluado con el salto en longitud y el lanzamiento de balón medicinal); resultados y efectos (valores medios y desvíos estándar pre y post intervención).

III.1.8. Evaluación del riesgo del sesgo.

Se realizó una exhaustiva revisión de la información relacionada con la metodología de la evaluación del riesgo de sesgo y su impacto. Dos evaluadores revisaron cada estudio de forma independiente para asegurar el control de calidad del proceso y utilizaron las herramientas sugeridas por el

documento Cochrane (Higgins et al., 2011) para la evaluación del riesgo del sesgo en ensayos randomizados (Tabla 2, Anexo 3).

III.1.9. Análisis estadístico.

El meta-análisis se realizó utilizando el software STATA 12.0 (StataCorp LP, USA). Se decidió utilizar el modelo de efectos aleatorios para computar los cálculos, debido a que en este se tiene en cuenta no solo la variabilidad intra-estudio sino también la variabilidad inter-estudios. Asimismo, las estimaciones fueron realizadas ponderando los resultados por la inversa de la varianza, y utilizando un intervalo de confianza al 95%. Para la recolección de los datos se utilizaron los valores medio pre-test y post-test, las desviaciones estándar y el tamaño de la muestra, tanto del grupo contraste como del grupo experimental. El TE fue calculado usando el estadístico de Cohen (1988) denominado índice de la familia *d*, que es utilizado cuando se estima el tamaño del efecto en variables continuas; se calcula de la siguiente manera:

$$d = c(m) \frac{\bar{y}_t - \bar{y}_c}{S}$$

Donde \bar{y}_t es la media del grupo tratado, \bar{y}_c es la media del grupo contraste, y *S* es la desviación conjunta de los dos grupos.

El entrenamiento de la aptitud muscular, según la acepción publicada en el documento de Consenso Internacional (Lloyd et al., 2014), fue considerado tratamiento experimental para el presente meta-análisis. También fueron aceptados aquellos estudios que realizaron intervenciones combinadas como educación nutricional; ejercicio aeróbico; ejercicio de fuerza; etc. (Davis et al., 2009a; Davis et al., 2009b; Lee et al., 2012) y otros que estudiaron los efectos del entrenamiento de la aptitud muscular sobre la densidad mineral ósea (McKay et al., 2000; Nichols, Sanborn, & Love, 2001), siempre que por su diseño permitieran analizar y comparar los efectos buscados por nuestro estudio.

Los estudios integrados se evaluaron por medio del análisis de sensibilidad, en el cual se re-estima el TE tantas veces como estudios haya incluidos,

eliminando en cada estimación los estudios uno por uno, de manera que se pueda evaluar la influencia de cada estudio en la variabilidad del TE. Los TE fueron evaluados usando la interpretación de Cohen para la cual un TE de 0.2 es pequeño, 0.5 mediano y 0.8 grande (Cohen, 1992).

Por último, se examinó la presencia de estudios con valores residuales atípicos ($\pm 1,96$). El sesgo de publicación fue evaluado mediante los gráficos funnel plot, en los cuales se sitúa el TE en el eje de abscisas y la inversa del error estándar en el eje de coordenadas. Para descartar sesgo de publicación, el error estándar debería variar aleatoriamente alrededor del TE. También se realizó un análisis de las variables moderadoras que podría impactar en la variabilidad de los TE; considerando la cantidad de estudios disponibles se utilizó el análisis de meta-regresión bivariada entre la variable dependiente (TE en IMC; TE en Grasa corporal; TE en Saltabilidad y TE en Lanzamiento) y las variables moderadoras (edad; sexo; peso corporal; duración del programa; intensidad y frecuencia de entrenamiento), y la significación estadística se estableció en $p < 0.05$ para todos los casos.

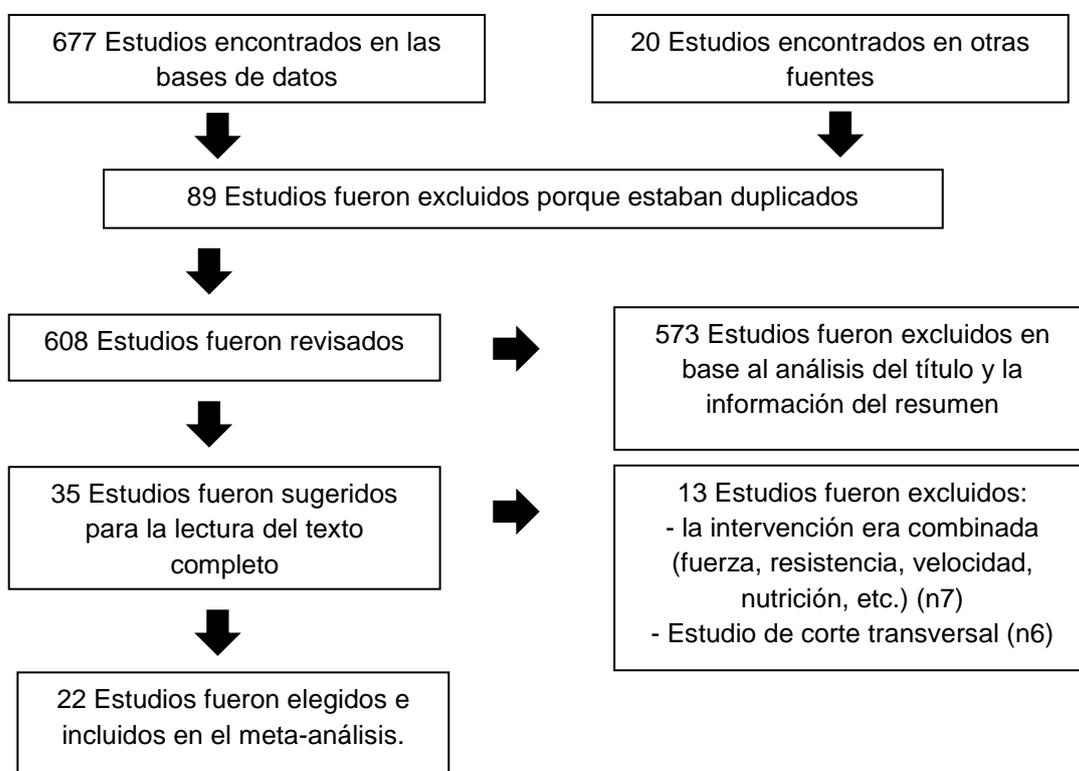


Figura 1. Diagrama de flujo de búsqueda de los estudios.

III.1.10. Resultados.

III.1.11. Selección de los estudios.

La figura 1 muestra un diagrama de la estrategia de selección de los estudios. La búsqueda preliminar identificó 697 artículos científicos, se detectaron 89 estudios que estaban duplicados y fueron excluidos. Se revisaron los 608 artículos restantes, de los cuales 573 estudios se excluyeron luego de la fase de lectura de los títulos y resúmenes. Fueron sugeridos para el análisis del texto completo 35 trabajos. Dos revisores expertos realizaron la lectura pormenorizada de los 35 artículos y se excluyeron 13. Finalmente 22 estudios (Benson et al., 2008b; Davis et al., 2009a; Davis et al., 2009b; Faigenbaum et al., 1996; Faigenbaum, Milliken, Moulton, & Westcott, 2005; Faigenbaum, Zaichkowsky, Westcott, Micheli, & Fehlandt, 1993; Faigenbaum & Mediate, 2006; Faigenbaum et al., 2015; Faigenbaum et al., 2002, 2011; Falk & Mor, 1996; Flanagan et al., 2002; Ingle, Sleaf, & Tolfrey, 2006; Kotzamanidis, 2006; Lee et al., 2012; McKay et al., 2000; Nichols et al., 2001; Schranz, Tomkinson, Parletta, Petkov, & Olds, 2014; Shaibi et al., 2006; Treuth, Hunter, Figueroa-Colon, & Goran, 1998; Viciano, Mayorga-Vega, & Cocca, 2013; Yu et al., 2005) fueron incluidos en este meta-análisis.

III.1.12. Características de los estudios incluidos.

En el total de los 22 estudios incluidos en este meta-análisis hay 1135 participantes, 476 mujeres y 659 varones distribuidos en 44 grupos (intervención y contraste). Los estudios fueron publicados entre los años 1993 y 2015. La tabla 1 muestra las características más importantes de los estudios.

Los rangos individuales de participantes en los estudios fueron entre 16 y 144; en los grupos de intervención entre 9 y 69 y, en los grupos contraste, entre 7 y 81 participantes. Las edades fueron entre 6,7 y 15,7 años. Todos los participantes pertenecían a población escolar y no realizaban entrenamiento para deportes de alta competición.

El rango de intensidad de las cargas de entrenamiento fue entre el 50% (mínimo) y el 90% (máximo) de 1RM; solo 5 estudios (Faigenbaum & Mediate, 2006; Faigenbaum et al., 2015; Faigenbaum et al., 2011; Falk & Mor, 1996; McKay et al., 2000) no informan intensidad. La duración de los programas de entrenamiento de fuerza fue entre 6 semanas hasta 60 semanas. Solamente dos estudios (McKay et al., 2000; Nichols et al., 2001) incluyeron intervenciones de 32 y 60 semanas, respectivamente, los demás estudios tuvieron un máximo de 24 semanas. Las sesiones de entrenamiento realizadas tuvieron una duración de entre 15 y 60 minutos, la frecuencia semanal fue entre 2 y 3 sesiones, excepto un estudio (Faigenbaum et al., 2002) que analizó las diferencias y efectos de entrenamiento entre una y dos sesiones semanales. Los implementos utilizados en los programas de entrenamiento fueron pesos libres (PL) y máquinas de fuerza (MF) (Benson et al., 2008b; Davis et al., 2009a; Davis et al., 2009b; Faigenbaum et al., 1996, 2005, 1993; Faigenbaum et al., 2002; Lee et al., 2012; Nichols et al., 2001; Schranz et al., 2014; Shaibi et al., 2006; Yu et al., 2005); balón medicinal (BM) (Faigenbaum & Mediate, 2006; Faigenbaum et al., 2015; Faigenbaum et al., 2011; Falk & Mor, 1996; Flanagan et al., 2002; Viciano et al., 2013); y ejercicios con saltos, lanzamientos y fortalecimiento de los músculos abdominales y de la zona inferior de la espalda (Ingle et al., 2006; Kotzamanidis, 2006; McKay et al., 2000; Treuth et al., 1998).

Un total de 10 estudios (Benson et al., 2008b; Davis et al., 2009a; Davis et al., 2009b; Lee et al., 2012; McKay et al., 2000; Nichols et al., 2001; Schranz et al., 2014; Shaibi et al., 2006; Treuth et al., 1998; Yu et al., 2005) reportaron efectos del entrenamiento de la aptitud muscular sobre la adiposidad corporal; los 12 estudios restantes (Faigenbaum et al., 1996, 2005, 1993; Faigenbaum & Mediate, 2006; Faigenbaum et al., 2015; Faigenbaum et al., 2002, 2011; Falk & Mor, 1996; Flanagan et al., 2002; Ingle et al., 2006; Kotzamanidis, 2006; Viciano et al., 2013) se refirieron a los efectos del entrenamiento de la aptitud muscular sobre la saltabilidad y el lanzamiento de balón medicinal.

El estudio de Benson et al. (2008b) analizó los efectos del entrenamiento de la aptitud muscular en niños de ambos sexos sobre la adiposidad central

(abdominal); el programa usó ejercicios con pesos libres y mancuernas y tuvo una duración de 8 semanas.

Davis et al. (2009a) evaluaron los efectos del entrenamiento de la aptitud muscular sobre la adiposidad corporal en un grupo de mujeres adolescentes con sobrepeso; la intervención utilizó ejercicios con máquinas de fuerza y pesos libres.

Tabla 1. Características de los estudios incluidos en el meta-análisis.

Estudio (autor/año)	Participantes	Intervención (tipo/duración)	Variables estudiadas	Efectos/ Resultados
Benson et al. (2008b)	n= 78 (32 ♀/46 ♂) ; 12,3 años (±1,3) n=37 GI/42 GC	11 ejercicios x 8 rep. X 2 ser. x 2 ses/sem x 8 semanas. PL y manc. Intensidad 70- 75%1MR(PSE)	AAb.	↓ Adiposidad abdominal en GI vs GC. ↓CiC fue mayor en quienes más incremento de la fuerza relativa tuvieron.
*Davis et al. (2009a)	n= 16 ♀ ; 15,2 años (±1,1) SP n=9 GI/7GC	5 ejercicios x 10-15 rep.x 2-3 ser x 2 ses/sem x 16 semanas. PL y MF. Intensidad 60- 90%1MR	Adiposidad (BMI) y PM.	Sin diferencias significativas en el BMI.
*Davis et al. (2009b)	n=33 (16♀/17♂); 15,5 años (±1,0) SP n=17 GI/ 16 GC	5 ejercicios x 10-15 rep.x 2-3 ser x 2 ses/sem x 16 semanas. PL y MF Intensidad 60- 90%1MR	Adiposidad (BMI) y PM.	Sin diferencias significativas en el BMI.
Faigenbaum et al. (1993)	n=23 (8♀/15♂); 10.8 años(±0.5) n=14GI/9GC.	5 ejercicios x 10-15 rep.x 3 ser x 2ses/sem x 8 semanas. PL y MF Intensidad 50-75- 100% 10MR	SV, LMB y Sum PC	↑SV 13,8% vs 7,7% ↑LM 4,0 vs 3,9% ↓Sum PC 2,3% vs ↑1,7%
Faigenbaum et al. (1996)	n=24 (10♀/14♂); 10.8(±0.3) n=15GI/9GC	5 ejercicios x 10-20 rep.x 3ser x 2ses/sem x 8 semanas. PL y MF Intensidad 60- 65%1MR	SV, 6MR y Flex.	↑SV 1,4% vs 0.5% ↑6MR 41% (pp) y 53% (er).
Faigenbaum et al. (2002)	n=55 (21♀/34♂); 9,5 años(±0.4) n=42GI/13GC	12 ejercicios x 10-15 rep.x 1 ser x 1 a 2 ses/sem x 8 semanas. MF Intensidad 60- 65%1MR(PSE)	1MR, SL, SV y Flex. Efecto de la frecuencia de entrenamiento	↑1MR entrenando 2 versus 1 sesión por semana.
Faigenbaum et al. (2005)	n=43 (23♀/20♂); 10.4 años(±1,0) n=31GI/12GC	9 ejercicios x 6 a 20 rep.x 1 ser x 2 ses/sem x 8 semanas. MF. Intensidad 50- 80%1MR.	1MR, SL, SV, Flex. Efecto del número de repeticiones.	Ambos modelos de entrenamiento (Alto y Bajo número de repeticiones) ↑ 1MR.
Faigenbaum et al. (2006)	n=118 (41♀/77♂) 15,4 años(±0.5) n=69GI/49GC	10 a 15 minutos, 20 a 40 ejercicios con MB (2Kg) x2 ses/sem x 6 semanas. No informa Intensidad	SL, LMB, Flex, FAB.	↑SL 11% GI vs 1%GC ↑LMB 20%GI vs -1%GC.
Faigenbaum et al. (2011)	n=40 (24♀/16♂) 7,5 años(±0.3) n=21GI/19GC	15 minutos, 9 ejercicios de fuerza, potencia y core x 7 a 10 rep x 2 ses/sem x 8 semanas. No informa Intensidad	FAB, SL, Rae, FBr	↑SL 8% GI vs sin cambios GC ↑FAB 30% GI vs 1% GC.

TABLA 1 (continúa)

Estudio (autor/año)	Participantes	Intervención (tipo/duración)	Variables estudiadas	Efectos/ Resultados
Faigenbaum et al. (2015)	n=41(21♀/20♂) 9,5 años(±0.3) n=20GI/21GC	15 minutos, 6-7 estaciones de fuerza, lanzamientos, saltos y core x 2 a 3 series x 2ses/sem x 8 semanas. No informa Intensidad	Rae, SL, Flex, FBr, FAb	↑SL, FBr, FAb GI.
Falk et al. (1996)	n=32♂; 6,7 años(±0.4) n= 17GI/15 GC	40 minutos de ejercicios de fuerza para brazos, piernas y core, sin carga externa x 2ses/sem x 12 semanas. No informa Intensidad.	FAb, SL, Flex	↑FAB (26,4%) SL (13,9%) GI vs -10.4 GC.
Flanagan et al. (2002)	n= 58 (30♀/28♂) 8,5 años(±0.2) n=38GI/20GC	Un grupo entrenó con MF y otro con el peso corporal; 9 ejercicios x 10 a 15 rep, x 2ses/sem x 10 semanas. Intensidad 10 a 15 MR.	LMB, SL	Ambos grupos intervención (MF y Peso corporal) ↑significativamente SL y LMB.
Ingle et al. (2006)	n=47♂ 12,1 años(±0.3) n=26GI/21GC	8 ejercicios (Pliométricos y de Fuerza) combinando intensidades (Baja y Moderada) x 3ses/sem x 12 semanas. 70-100% de 10MR	SL, SV y Sprint	↑SL, SV y Sprint en GI.
Kotzamanidis et al. (2006)	n=30♂ 11años(±0.2) n=15GI/15GC	Distintos tipos de Saltos x 60 a 100, progresivos x 2 ses/sem x 10 semanas Intensidad Moderada-Alta	Sprint y SV	↑SV y Sprint GI.
*Lee et al. (2012)	n=29 ♂ 14,5 años (±1,5) OB n=16GI/13GC	10 ejercicios x 8 a 12 rep x 2 a 3 ser x 3ses/sem x 12 semanas. MF Intensidad 60-75%1MR.	AAb y PM	↓Adiposidad abdominal GI vs GC.
*McKay et al. (2000)	n=144(74♀/70♂) 8,9 años(±0.3) n=63GI/81GC	10 saltos diferentes en series x 3 ses/sem x 32 semanas. No informa Intensidad.	DMO y %Grasa corporal	Pequeña reducción de la grasa corporal en GI.
*Nichols et al. (2001)	n=67♀ 15,7 años(±0.1) n=46GI/21GC	15 ejercicios x 1 a 3 series x 9 a 15 rep x 3 ses/sem x 60 semanas PL y MF. Intensidad 10-15 MR	Densidad ósea, 1MR y %Grasa corporal	↓% grasa corporal GI 20%.
Schranz et al. (2014)	n=56♂ SP y OB 14,9 años(±1,4) n=30GI/26GC	10 ejercicios poliarticulares x 1 a 3 ser x 8 a 12 rep x 3 ses/sem x 24 semanas. PL y MF. Intensidad 70-75%1MR.	Composición corporal y Fuerza (1MR)	↓sum PC y % grasa ↑masa libre de grasa y 1MR GI
Shaibi et al. (2006)	n= 22 ♂ 15,1 años(±0.5) n=11 GI/11GC	5 ejercicios x 3-15 rep.x 2-3 ser x 2 ses/sem x 16 semanas. PL y MF Intensidad 60-90%1MR	% grasa corporal, Sensibilidad a la Insulina y 1MR	↑sensibilidad a la insulina y 1MR GI ↓% grasa corporal ↑masa libre de grasa GI

Tabla 1 (continúa)

Estudio (autor/año)	Participantes	Intervención (tipo/duración)	VARIABLES estudiadas	Efectos/ Resultados
Treuth et al. (1998)	n=22♀ 8,5 años (±0.5) OB n=11GI/11GC	7 ejercicios de fuerza x 12 a 15 rep x 2 a 3 ser x 3 ses/sem x 20 semanas. Intensidad 50-65%1MR.	AAb, Masa grasa, MLG, TalG	↓AAb y Masa grasa de GI
Viciana et al. (2013)	n= 75(33♀/42♂) 11 años(±0.8) n=38GI/37GC	8 ejercicios x 8 a 10 rep x 2 ser x 2 ses/sem x 8 semanas. MB, Manc y BE. Intensidad Moderada 50-65%1MR.	SL, FAb,	↑fuerza y resistencia muscular local GI
Yu et al. (2005)	n= 82(38♀/44♂) 10.4 años (± 1,0) OB n=41GI/41GC	9 ejercicios x 1 ser x 10-20 rep x 75% (10MR) x 3 ses/sem x 6 semanas MF, PL y Manc. Intensidad 75 a 100% de 10MR.	BMI, % Grasa, MLG	↑MLG, ↓%Grasa GI vs GC

GI= grupo intervención; GC= grupo contraste; Rep= repeticiones; Ser= series; Ses/sem= sesiones por semana; PL= pesos libres; Manc= mancuernas; PSE = percepción subjetiva de esfuerzo; 1MR= 1 máxima repetición; AAb= adiposidad abdominal; ↓= reducción; CiC= circunferencia de cintura; SP= Sobrepeso; BMI= índice de masa corporal; PM= parámetros metabólicos; MF= máquinas de fuerza;

*Estudios con intervenciones y/u objetivos combinados (nutrición/nutrición + fuerza/nutrición+ aeróbico/ etc.) que según los subgrupos de intervención permiten comparar efectos útiles para este meta-análisis.

SV= salto vertical; LMB= lanzamiento de medicine ball; Sum PC= sumatoria de pliegues cutáneos; 6MR= 6 máximas repeticiones; Flex= flexibilidad; pp=press de pecho, er= extensores de rodilla; SL= salto en longitud; MB= medicine ball; FAb= fuerza abdominal; Rae= resistencia aeróbica; FBr= fuerza de brazos; OB= obeso; MLG= masa libre de grasa; DMO= densidad mineral ósea; TalG= tolerancia a la glucosa; BE= bandas elásticas; 10MR= 10 máximas repeticiones.

Los participantes fueron distribuidos de forma aleatoria en uno de los cuatro grupos: (GC) grupo contraste; (GIN) grupo de intervención con educación nutricional; (GINF) grupo de intervención con educación nutricional y entrenamiento de fuerza y (GINFA) grupo de intervención con educación nutricional, ejercicio de fuerza y ejercicio aeróbico. Para nuestro estudio solamente se tuvieron en cuenta los resultados del GINF y GC. La intervención nutricional se basó en reducir el 10% del aporte calórico diario, proveniente de la adición de azúcar, e incrementar el consumo de fibra vegetal en 14 gramos por día; el programa tuvo una duración de 16 semanas. Davis et al. (2009b) evaluaron los mismos efectos que el anterior pero en un grupo de adolescentes de ambos sexos y con sobrepeso. Los participantes fueron distribuidos de forma aleatoria en uno de los tres grupos: (GIN) grupo con intervención nutricional; (GINF) grupo con intervención nutricional y entrenamiento de fuerza

muscular y (GC) grupo contraste. Para nuestro estudio tuvimos en cuenta los resultados del GINF y GC. La intervención nutricional, el programa de entrenamiento de fuerza y la duración fueron iguales al estudio anteriormente citado (Davis et al., 2009a).

El estudio de Lee et al. (2012) investigó los efectos del ejercicio aeróbico y de fuerza, sin restricción calórica, en adolescentes varones obesos. Los participantes fueron distribuidos de forma aleatoria en uno de los tres grupos: (GC) grupo contraste; (GIEA) grupo de intervención con ejercicio aeróbico y (GIEF) grupo de intervención con ejercicio de fuerza. Para nuestro estudio se consideraron los resultados de los grupos contraste (GC) y grupo de intervención con ejercicio de fuerza (GIEF). El programa se desarrolló con máquinas de fuerza y tuvo una duración de 12 semanas.

McKay et al. (2000) analizó los efectos de un programa de entrenamiento con saltos en niños de ambos sexos sobre la densidad mineral ósea; la técnica empleada en el estudio (absorciometría con rayos x de doble energía) informó también sobre la composición corporal. Los participantes fueron distribuidos de forma aleatoria en uno de los dos grupos: (GC) grupo contraste y (GI) grupo de intervención. Para la presente revisión se consideraron los resultados relacionados con el porcentaje de grasa corporal de ambos grupos. La duración de la intervención fue de 32 semanas.

El estudio de Nichols et al. (2001) evaluó los efectos de un programa de entrenamiento de fuerza en mujeres adolescentes sobre la densidad mineral ósea; la técnica empleada fue absorciometría con rayos x de doble energía. Los participantes fueron distribuidos de forma aleatoria en uno de los dos grupos: (GC) grupo contraste y (GI) grupo de intervención. Para la presente revisión fueron considerados los resultados relacionados con el porcentaje de grasa corporal de ambos grupos. La duración total de la intervención fue de 60 semanas.

Schranz et al. (2014) analizaron los efectos del entrenamiento de la aptitud muscular sobre la composición corporal y la fuerza en un grupo de

adolescentes varones con sobrepeso y obesidad. El programa utilizó ejercicios con pesos libres y máquinas de fuerza y tuvo una duración de 24 semanas.

El estudio de Shaibi et al. (2006) investigó los efectos del entrenamiento de la aptitud muscular sobre la sensibilidad a la insulina y las modificaciones en la adiposidad corporal de un grupo de adolescentes varones. La intervención utilizó ejercicios con pesos libres y máquinas de fuerza durante 16 semanas.

Treuth et al. (1998) evaluaron los efectos de un programa de entrenamiento de fuerza en niñas pre-púberes obesas sobre la adiposidad abdominal; la intervención fue de 20 semanas. Yu et al. (2005) investigaron los efectos del entrenamiento de la fuerza muscular sobre la composición corporal y la densidad mineral ósea en un grupo de niños de ambos sexos. El programa desarrolló ejercicios con máquinas de fuerza, pesos libres y mancuernas durante 6 semanas.

De los 12 estudios que analizaron los efectos del entrenamiento de la aptitud muscular sobre el desempeño motriz, cuatro (Faigenbaum & Mediate, 2006; Faigenbaum et al., 1993; Falk & Mor, 1996; Flanagan et al., 2002) estudiaron el efecto sobre las dos variables elegidas para nuestro estudio (salto y lanzamiento de medicine ball), mientras que los 8 estudios restantes (Faigenbaum et al., 1996, 2005; Faigenbaum et al., 2015; Faigenbaum et al., 2002, 2011; Ingle et al., 2006; Kotzamanidis, 2006; Viciano et al., 2013) estudiaron los efectos de los programas de entrenamiento de fuerza sobre el desempeño del salto. Seis estudios (Faigenbaum et al., 1996, 2005, 1993; Faigenbaum et al., 2002; Flanagan et al., 2002; Viciano et al., 2013) utilizaron ejercicios con pesos libres y máquinas de fuerza; otros seis estudios (Faigenbaum & Mediate, 2006; Faigenbaum et al., 2015; Faigenbaum et al., 2011; Falk & Mor, 1996; Ingle et al., 2006; Kotzamanidis, 2006) utilizaron ejercicios con diversos tipos de saltos, lanzamientos y medicine ball. Los 12 estudios se desarrollaron entre 6 y 12 semanas y utilizaron una frecuencia de entrenamiento de dos sesiones por semana, excepto los estudios de Ingle et al. (2006) que usaron tres sesiones semanales, y el de Faigenbaum et al. (2002) que comparó los efectos entre una y dos sesiones semanales.

III.1.13. Entrenamiento de la aptitud muscular, adiposidad corporal y desempeño motriz.

El efecto global estimado para el IMC fue pequeño y el límite del intervalo superior fue >0 ($n= 7$, $d= -0.12$, IC 95% -0.35 a 0.10). En el caso de la grasa corporal se observó un tamaño de efecto moderado ($n= 8$, $d= -0.37$, IC 95% -0.58 a -0.17), al igual que el rendimiento de saltabilidad ($n= 12$, $d= 0.54$, IC 95% 0.36 a 0.72) y el lanzamiento ($n=4$, $d= 0.49$, IC 95% 0.22 a 0.76). Se encontraron altos niveles de heterogeneidad en el análisis de los efectos del entrenamiento de la aptitud muscular sobre el IMC ($Q(6) = 28,8$, $p = 0.00$, $I^2 = 79,2\%$); la grasa corporal ($Q(7) = 104,31$, $p = 0.00$, $I^2 = 93,3\%$) y el rendimiento de saltabilidad ($Q(11) = 114,31$, $p = 0.00$, $I^2 = 90.1\%$); no ocurrió lo mismo con el caso de los efectos sobre el lanzamiento ($Q(3) = 3,13$, $p = 0.37$, $I^2 = 4\%$).

Como muestran las figuras 2, 3 y 4, el entrenamiento de la aptitud muscular está asociado a la disminución de la grasa corporal y al incremento del rendimiento de la saltabilidad y del lanzamiento.

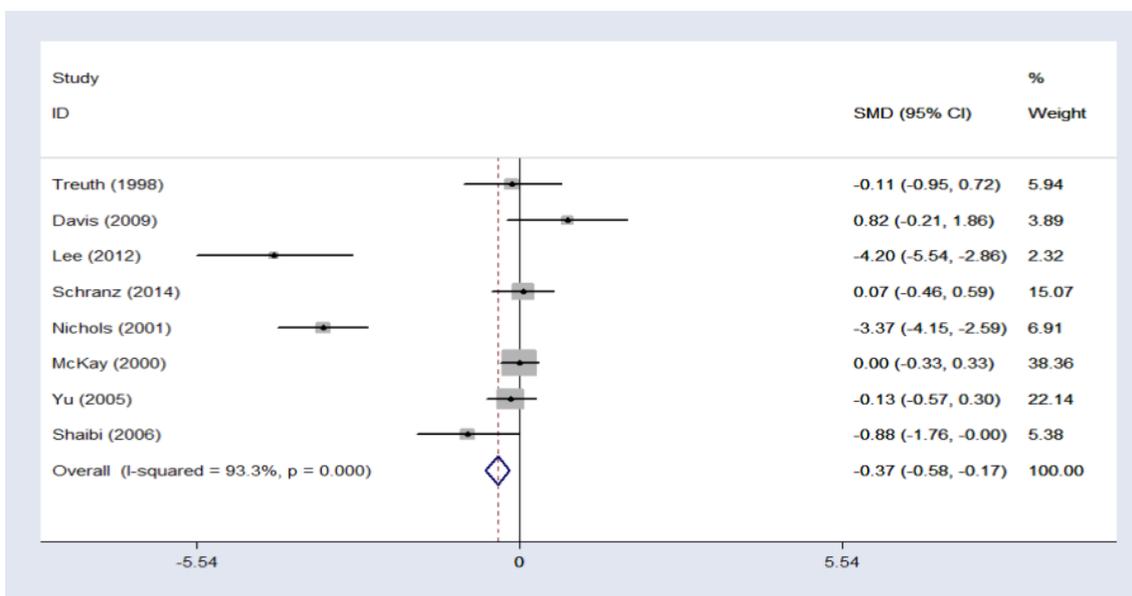


Figura 2. Forest plot “Efectos del entrenamiento de la aptitud muscular sobre la grasa corporal en los estudios incluidos”.

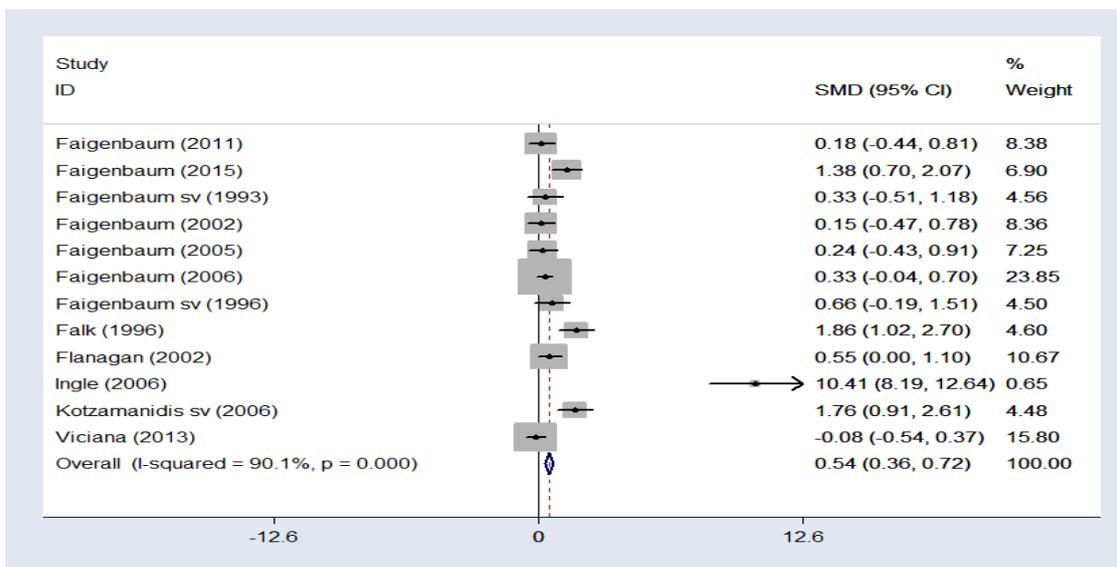


Figura 3. Forest plot “Efectos del entrenamiento de la aptitud muscular sobre el rendimiento motriz de la saltabilidad en los estudios incluidos”.

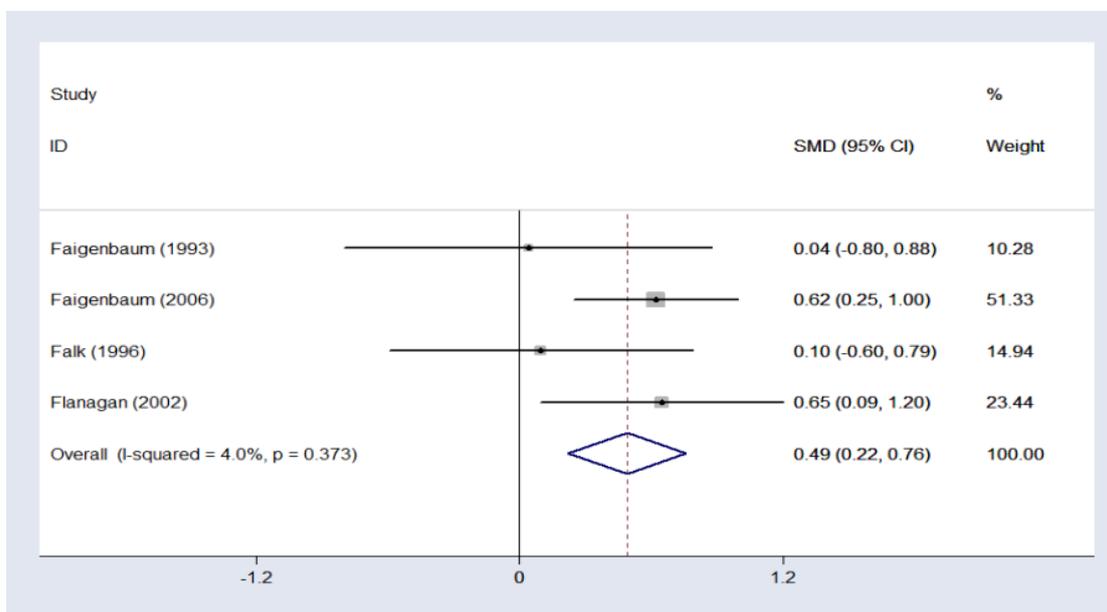


Figura 4. Forest plot “Efectos del entrenamiento de la aptitud muscular sobre el rendimiento motriz del lanzamiento en los estudios incluidos”.

Debido a la variabilidad de los resultados individuales se realizó un análisis de sensibilidad para re-estimar el tamaño del efecto global eliminando cada uno de los estudios y observando cómo influye en el efecto global cada uno de ellos; estos resultados se presentan en las figuras 5, 6, 7 y 8.

El análisis de sensibilidad de la grasa corporal (figura 6) muestra solo dos estudios (McKay et al., 2000; Nichols et al., 2001) con valores que exceden los intervalos de confianza (-0.58 y -0.17, respectivamente) indicando que estos estudios tienen gran influencia en el tamaño del efecto global. Los demás análisis de sensibilidad indican que el tamaño del efecto global re-estimado se encuentra dentro de los intervalos de confianza, lo que sugiere que el análisis es robusto.

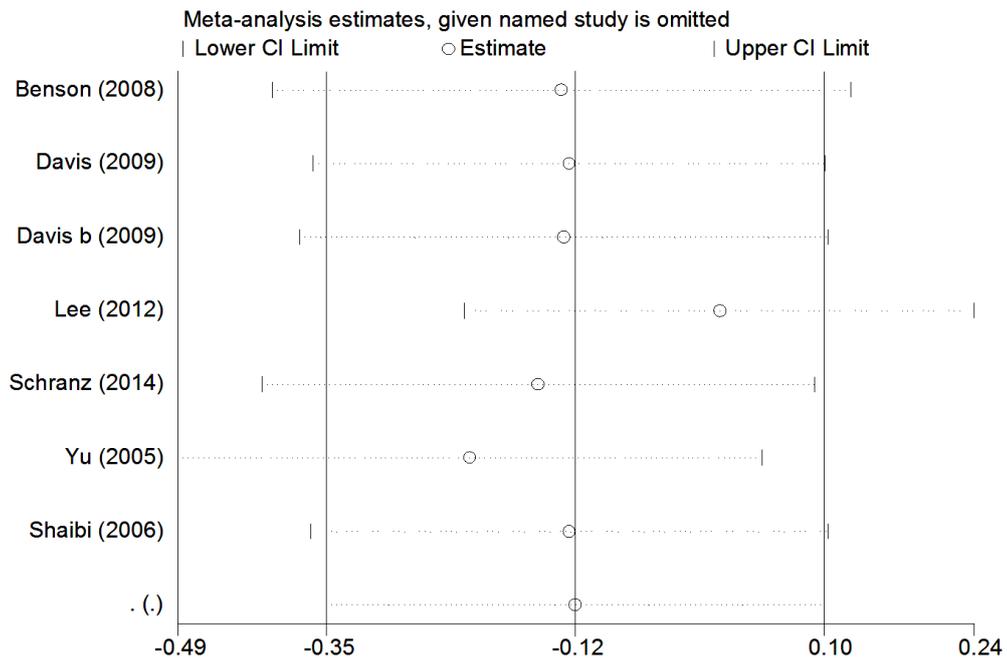


Figura 5. Análisis de sensibilidad para el IMC.

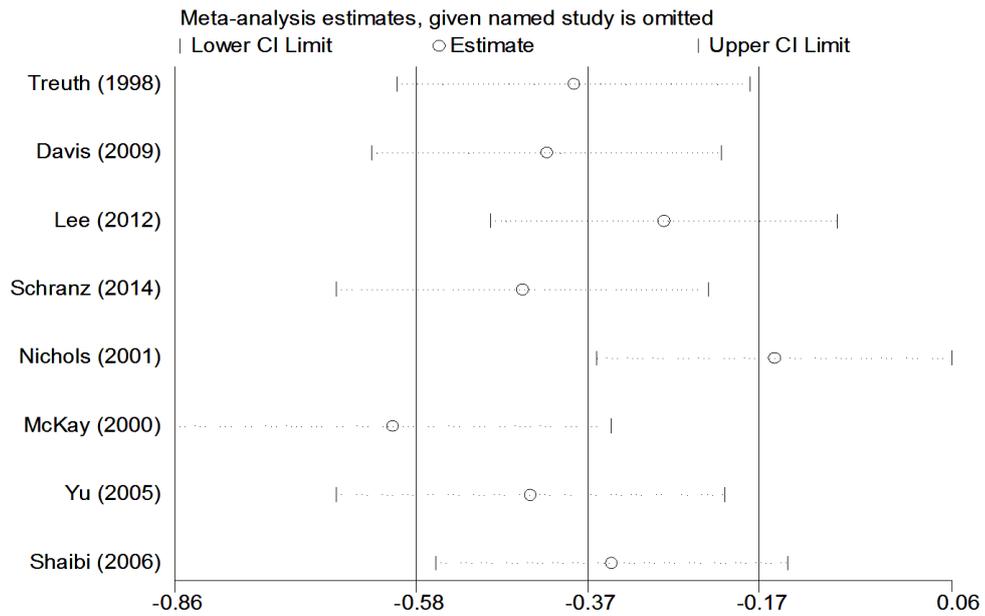


Figura 6. Análisis de sensibilidad para la grasa corporal.

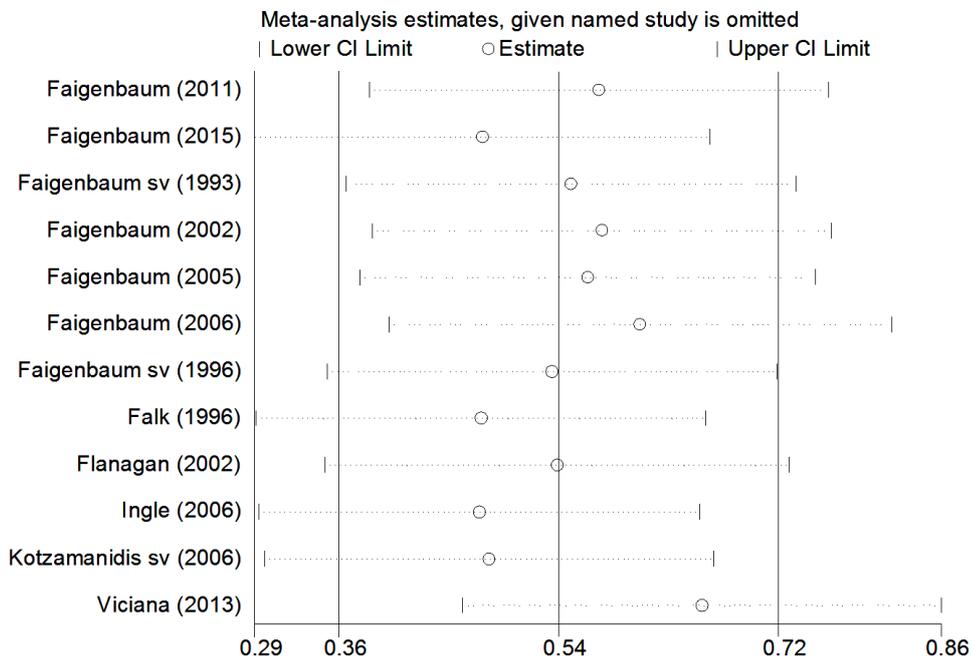


Figura 7. Análisis de sensibilidad para el rendimiento motriz del salto.

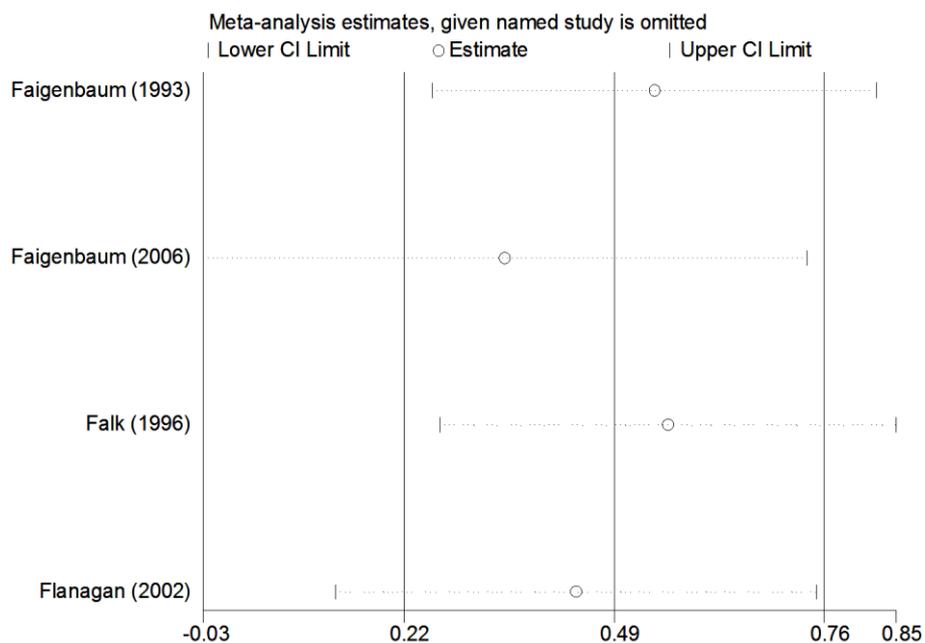


Figura 8. Análisis de sensibilidad para el rendimiento motriz del lanzamiento.

El análisis del funnel plot (anexo 3) se muestra simétrico para el IMC, sin embargo, tanto para el TE en la grasa corporal y TE en el rendimiento de la saltabilidad se observa una pequeña asimetría hacia el lado izquierdo, mientras que para el TE en el rendimiento del lanzamiento la asimetría se manifiesta en sentido contrario. Finalmente, el análisis de las variables moderadoras (edad; sexo; peso corporal; duración del programa; intensidad y frecuencia de entrenamiento) sobre la variabilidad de los tamaños del efecto (TE en IMC; Grasa corporal; Saltabilidad y Lanzamiento) resultó estadísticamente significativo en tres casos: sexo (varón) y TE en la Saltabilidad ($p < 0.035$); duración del programa y TE en Saltabilidad ($p < 0.017$) y frecuencia de entrenamiento y tamaño del efecto de Saltabilidad ($p < 0.001$).

III.1.14. Discusión.

El principal hallazgo de la presente revisión fue que los programas de entrenamiento de la aptitud muscular tienen un efecto positivo en la reducción de la adiposidad corporal y en el incremento del rendimiento motor expresado en la capacidad de salto y de lanzamiento en niños y jóvenes (figuras 2, 3 y 4).

Los altos niveles de heterogeneidad encontrados en el análisis de los efectos del entrenamiento de la aptitud muscular sobre el IMC, la grasa corporal y el rendimiento de la saltabilidad, al igual que el bajo nivel de heterogeneidad en los efectos sobre el rendimiento del lanzamiento, podrían ser explicados por la pequeña cantidad de estudios meta-analizados, como lo sugieren algunos autores (Higgins, Thompson, Deeks, & Altman, 2003), por lo cual, estos datos deberían ser tomados con precaución. Sin embargo, al revisar los resultados del análisis de la sensibilidad, se observa que el tamaño del efecto global re-estimado se encuentra dentro de los intervalos de confianza en la mayoría de los casos, lo que sugiere que el análisis es robusto. En la figura 6 se pueden ver los únicos dos estudios que exceden los intervalos de confianza (McKay et al., 2000; Nichols et al., 2001), los cuales se caracterizan por ser a la vez los estudios con mayor duración (32 y 60 semanas respectivamente) y mayor frecuencia de entrenamiento (tres sesiones por semana).

El resultado ligeramente asimétrico que mostró el análisis del funnel plot para los efectos del entrenamiento de la aptitud muscular sobre la grasa corporal, y el rendimiento del salto y del lanzamiento, sugiere que estos datos podrían estar sujetos a sesgo de publicación.

La relación entre niveles elevados de grasa corporal y bajos rendimientos en la aptitud muscular ha sido respaldada por diversos estudios científicos (Benson et al., 2008a; Freitas et al., 2012; Hasselstrøm, Hansen, Froberg, & Andersen, 2002; Nunez-Gaunard, Moore, Roach, Miller, & Kirk-Sanchez, 2013; Ortega et al., 2008), sin embargo, los mecanismos implicados en esa relación son complejos y multivariados. De acuerdo con Wolfe (2006) el papel central que desempeña el músculo esquelético en el metabolismo de las proteínas de todo el cuerpo como depósito y lugar de síntesis proteica debe ser considerado con mayor detenimiento. Al mismo tiempo, el músculo esquelético es un tejido mecánico que requiere de la contracción muscular para su actividad; la falta de ésta altera el metabolismo muscular, provoca disfunción mitocondrial y es la génesis de diversas patologías metabólicas y crónicas (Wolfe, 2006; Barazzoni, 2012). El trabajo reciente de otros investigadores (Pedersen, 2013; Pedersen & Febbraio, 2012) destaca al músculo esquelético

como órgano de secreción de cientos de péptidos (secretoma muscular) con importante influencia e interacción sobre órganos y funciones vitales del cuerpo humano, entre ellos el tejido adiposo. La contracción muscular crónica provoca un incremento de la proteína PGC-1 alfa y de la Irisina, la cual actúa estimulando el tejido adiposo y modificando sus propiedades lipogénicas (Boström et al., 2012; Fisher et al., 2012; Pedersen & Febbraio, 2012; Singhal et al., 2014), razones estas que podrían explicar algunos mecanismos actuantes en la interrelación que estamos analizando. Además, la reducción de los niveles de fuerza muscular, dinapenia (Clark & Manini, 2012), fue señalada como un importante factor de riesgo para la salud. Este concepto se refiere a la pérdida de los niveles de fuerza muscular relacionada con causas no patológicas como por ejemplo enfermedades neuro-musculares. La dinapenia fue estudiada y desarrollada en adultos en los que se encontró que la pérdida de fuerza muscular se relaciona directamente con la reducción de la calidad de vida y el incremento de la mortalidad (Clark & Manini, 2012). Los mecanismos para producir fuerza muscular combinan factores neurales con musculares, y la alteración y deterioro de cualquiera de ellos provoca dinapenia. Desde nuestra perspectiva, sugerimos revisar este concepto para poder aplicarlo en un espectro más amplio donde se consideren estudios con niños y jóvenes, ya que la evidencia actual indica que los niveles de fuerza muscular en niños en edad escolar se están reduciendo drásticamente (Cohen et al., 2011).

El meta-análisis de Smith (Smith et al., 2014) encontró un TE $d=-0.25$ para la relación entre aptitud muscular y adiposidad corporal de niños y jóvenes, siendo este resultado similar al de nuestro estudio. Existen algunas controversias relacionadas con el tipo de test empleado para valorar el rendimiento de la aptitud muscular; algunos autores recomiendan el uso de pruebas que no impliquen traslación, impulso o sostenimiento de la masa corporal, por ejemplo el test de fuerza de prensión de la mano (handgrip test), ya que con otras pruebas como el salto en longitud, salto vertical, las flexiones de brazos, etc., los resultados podrían ser influidos por la variación de la masa corporal y no tanto por los niveles de aptitud muscular. Mientras algunos autores señalan que los niños y jóvenes con sobrepeso presentan mayores

niveles de masa magra respecto de sus pares sin sobrepeso (normopeso) (Deforche et al., 2003; Moliner-Urdiales et al., 2011) otros no encontraron esas diferencias (Artero et al., 2010; Riddiford-Harland, Steele, & Baur, 2006). No obstante, la evidencia actual ha demostrado que los cambios en la aptitud muscular, medidos tanto en términos absolutos como relativos al peso corporal, se asocian inversamente con la adiposidad (Freitas et al., 2012; Hasselstrøm et al., 2002; Janz et al., 2002; Smith et al., 2014).

Otras revisiones sistemáticas y meta-análisis señalan que la mayor duración de la sesión y del programa de entrenamiento se asoció significativamente con cambios en la composición corporal (LeMura & Maziekas, 2002; Maziekas, LeMura, Stoddard, Kaercher, & Martucci, 2003). En nuestro estudio no encontramos significación estadística entre la duración del programa, el IMC y grasa corporal ($p=0.77$ y $p= 0.40$, respectivamente); estos resultados diferentes pueden responder a que las revisiones sistemáticas citadas estudiaron los efectos del ejercicio aeróbico combinado con el entrenamiento de la fuerza muscular y sobre poblaciones de jóvenes obesos.

El meta-análisis de Schranz (Schranz et al., 2013) analizó los efectos del entrenamiento de la fuerza sobre la composición corporal y variables psicosociales en niños y jóvenes con sobrepeso y obesidad. El estudio incluyó 40 artículos científicos, 18 fueron ensayos controlados aleatorizados (ECA) y 5 no aleatorizados (ECNA), mientras que 17 fueron ensayos no controlados (ENC). Considerando los resultados en los ECA y ECNA de los efectos del entrenamiento de la fuerza muscular sobre el IMC y la grasa corporal total, los autores encontraron un TE $d= -0.16$ y -0.24 , respectivamente; ambos resultados son similares a los encontrados en nuestro estudio (TE -0.12 y -0.37 para IMC y grasa corporal) al igual que la relación de estudios tratados.

La revisión sistemática de Benson (2008a) analizó los efectos del entrenamiento de la fuerza muscular sobre la adiposidad y otras variables de la aptitud metabólica (lipoproteínas, niveles de insulina y glucosa en sangre) de niños y jóvenes. Los investigadores destacan la importancia clínica de los resultados encontrados, al tiempo que señalan la poca cantidad de estudios

relacionados con la temática y la diversidad de técnicas y metodologías empleadas para evaluar los efectos del entrenamiento sobre la grasa corporal. En esta línea, los resultados del presente estudio indicaron dificultades similares y aspectos relacionados con el diseño del programa de entrenamiento que pueden haber afectado a los resultados. Por ejemplo, el rango de la duración de los programas (6 a 60 semanas) y la edad de los participantes (8,5 a 15,7 años) deberían ser específicamente tomados en consideración. Los procesos de crecimiento, maduración y desarrollo de los participantes son muy dinámicos y heterogéneos, pudiendo influir significativamente en los resultados por sí mismos en rangos de tiempo tan amplios. Respecto a la edad de los participantes, el tejido adiposo celular subcutáneo responde a un patrón de comportamiento que demuestra un incremento entre los 6 y 10 años, siendo menor el incremento de la adiposidad en aquellos niños que presentan mayores niveles de aptitud muscular (Lopes, Maia, Rodrigues, & Malina, 2012). El estudio de Hruby et al. (2012) demostró que cuando los niños alcanzan y mantienen niveles “adecuados” de aptitud muscular durante un período de 4 años se incrementan significativamente las probabilidades de alcanzar un peso saludable y mantenerlo en el futuro. Este aspecto podría sugerir una relación causa-efecto entre los niveles de aptitud muscular y el desarrollo de la adiposidad corporal; consideramos que esta es una importante relación a profundizar en estudios futuros. La reducción de la adiposidad central (abdominal) evaluada mediante la circunferencia de la cintura, en respuesta a programas de entrenamiento de la fuerza muscular, demostró ser mayor en los grupos experimentales de niños y jóvenes; esta reducción se producía sin incremento de la aptitud cardiovascular (Ara, Moreno, Leiva, Gutin, & Casajús, 2007; Benson et al., 2008b; Smith et al., 2014), siendo este hecho de gran importancia debido a las implicaciones que tiene el desarrollo de la adiposidad central en el incremento del riesgo cardiovascular y metabólico.

El meta-análisis de Behringer et al.(2011) fue uno de los primeros en evaluar los efectos del entrenamiento de la aptitud muscular sobre el rendimiento motriz, siendo sus resultados TE $d= 0.54$; 0.53 y 0.99 para el rendimiento del salto, la carrera y lanzamiento, respectivamente. Nuestros resultados son

similares a los encontrados en el rendimiento del salto y lanzamiento (TE 0.54 y 0.49, respectivamente). Los investigadores encontraron mayor tamaño del efecto en subgrupos de no atletas respecto a los deportistas, lo que pondría de manifiesto la importancia del desarrollo de los mecanismos de control neuromusculares ligados al entrenamiento de la fuerza, los cuáles son más relevantes en aquellos niños o jóvenes sin experiencia en el entrenamiento de la fuerza muscular (Faigenbaum et al., 2009; Granacher et al., 2011; Payne et al., 1997; Yu et al., 2005). Como indica la tabla 1, los participantes de los estudios incluidos en esta revisión fueron niños y jóvenes sin participación en deportes de alta competición, por lo tanto bien podríamos explicar nuestros resultados a partir de las mejoras en los mecanismos neuromusculares (por ejemplo, incremento del reclutamiento de unidades motoras; aumento de la velocidad de conducción de los impulsos nerviosos y mejora de la coordinación intra e intermuscular) como respuesta al entrenamiento (Faigenbaum et al., 2009; Granacher et al., 2011). La duración de los programas de entrenamiento de los estudios incluidos en la presente revisión fue de entre 6 a 12 semanas y, tras el análisis de las variables moderadoras, encontramos un valor p significativo ($p = 0.017$) entre el rendimiento de la saltabilidad y la duración del programa. La evidencia indica que las adaptaciones neurales más significativas se producen en la fase inicial de los programas de entrenamiento (Bouchant, Martin, Maffiuletti, & Ratel, 2011; Granacher et al., 2011; Kraemer, Fry, Frykman, Conroy, & Hoffman, 1989; O'Brien, Reeves, Baltzopoulos, Jones, & Maganaris, 2010; Ramsay et al., 1990).

III.1.15. Fortalezas y limitaciones.

La presente revisión sistemática tuvo las siguientes fortalezas: primero, la utilización de un estricto conjunto de criterios de inclusión/exclusión, ya que nuestro estudio sintetizó el resultado de 22 estudios que analizaron los efectos del entrenamiento de la fuerza muscular (empleando diversos tipos de estrategias) sobre la adiposidad corporal y el rendimiento motriz general de 1135 participantes de población infanto-juvenil de 7 países; segundo, que fueron evaluados solamente Ensayos Controlados (aleatorizados y no aleatorizados).

Las limitaciones que podemos señalar fueron: I) la pequeña cantidad de estudios disponibles, por ejemplo al evaluar los efectos del entrenamiento sobre el rendimiento motriz del lanzamiento (4 estudios) y II) el potencial sesgo de publicación de los estudios sugerido en el análisis del funnel plot.

Es necesaria una mayor cantidad de estudios que impliquen a niños pre-púberes, púberes y post-púberes (con diferentes estatus de peso corporal) para profundizar en el conocimiento de los mecanismos del ejercicio que optimizan estos efectos saludables.

III.1.16. Conclusiones.

Los resultados de este meta-análisis sugieren que los programas de entrenamiento de la aptitud muscular son eficaces para reducir la adiposidad corporal, e incrementar el desempeño motriz en la saltabilidad y el lanzamiento de niños y jóvenes que no participan en deporte profesional y de alta competición.

III.2. Estudio 2. “Relaciones entre los niveles de aptitud muscular, coordinación motriz general e índice de masa corporal en niños y niñas escolares de 6 a 9 años”.

III.2.1. Resumen.

La evidencia científica actual es concluyente en destacar la aptitud muscular como un poderoso indicador de salud para niños y jóvenes. De hecho, niveles bajos de fuerza muscular en niños se asocian con bajos niveles de actividad física, pobre desempeño motriz general y un aumento del IMC. **Objetivos:** los propósitos de este estudio son: 1) Analizar las relaciones entre aptitud muscular (AM), coordinación motriz general (CMG), adiposidad corporal, escore de actividad física, edad y sexo en niños escolares de 6 a 9 años; y 2) Identificar la influencia de la aptitud muscular sobre la coordinación motriz general y el índice de masa corporal (IMC) en niños escolares de 6 a 9 años. **Métodos:** Niños y niñas de nivel escolar primario; n=335 (166 niñas, 169 varones) del colegio CADS de la ciudad de Mar del Plata, provincia de Buenos Aires, Argentina, participaron de evaluaciones antropométricas, de AM, CMG y respondieron un cuestionario para determinar el nivel de actividad física. **Resultados:** Todos los indicadores de adiposidad se relacionaron negativamente con la CMG. Los tres componentes de la aptitud muscular mostraron relaciones positivas con las pruebas de coordinación motriz (ECA; SM; SLC y TL) y con el CM. Un 36% de la varianza ($R^2 = 0.36$, $F(4,328) = 46,38$, $p < 0.001$) fue explicada por las variables predictoras en donde la AM ($\beta = 0.59$; $p < 0.001$), el IMC ($\beta = -0.21$; $p < 0.001$) y el sexo ($\beta = 0.18$; $p < 0.001$) pero no así la edad ($\beta = 0.00$; $p = 0.971$) explicaron significativamente el puntaje del CM. **Conclusiones:** La AM y la CMG aumentan con el crecimiento de los niños en ambos sexos; el incremento del IMC influye negativamente en la CMG; el aumento de la AM, independientemente del IMC, influye positivamente sobre la CMG y es el nivel de AM de los niños el factor “per se” con mayor influencia positiva sobre la CMG.

III.2.2. Introducción.

El desarrollo de la aptitud física está directamente relacionado con el incremento de la salud en niños y jóvenes (Strong et al., 2005; US Dept of Health and Human Services, 2008). Las investigaciones han destacado la importancia del desarrollo de la aptitud muscular para incrementar la calidad de vida, prevenir enfermedades crónicas, reducir la multi-morbilidad y el riesgo cardio-metabólico de niños y jóvenes (Artero et al., 2014; Magnussen, Schmidt, Dwyer, & Venn, 2012). En coincidencia con la evidencia, la Organización Mundial de la Salud y otras instituciones afines (Department of Health, 2011; US Dept of Health and Human Services, 2008; World Health Organization, 2010) recomiendan la realización de ejercicios de fuerza en los niños y adolescentes. La evidencia científica actual demuestra algunas tendencias negativas observadas en los niños y jóvenes de distintos países del mundo, por ejemplo: una drástica reducción en los niveles de actividad física diaria (Andersen et al., 2006; Boreham & Riddoch, 2001; Ekelund et al., 2005); el incremento global y alarmante del sobrepeso (SP) y la obesidad (OB) (Wang & Lobstein, 2006; World Health Organization, 2014); y la reducción significativa en los niveles de fuerza muscular (Cohen et al., 2011; Malina & Katzmarzyk, 2006; Moliner-Urdiales et al., 2010; Tremblay et al., 2010; Tyler et al., 2015). La disminución de los niveles de actividad física está fuertemente asociada con el descenso de la aptitud física y con el incremento de la masa adiposa en jóvenes (Marta, Marinho, & Marques, 2012). A su vez, existe una relación inversa entre el índice de masa corporal (IMC) y el desempeño motriz de los niños (D'Hondt et al., 2013; D'Hondt, Deforche, De Bourdeaudhuij, & Lenoir, 2009; Graf et al., 2004; Morano, Colella, & Caroli, 2011; Zhu, Wu, & Cairney, 2011). El incremento de la masa adiposa en infantes de 3 a 18 meses demostró un retraso motriz 2.3 veces mayor en los niños con mayor nivel de grasa subcutánea (Slining, Adair, Goldman, Borja, & Bentley, 2010). Además, los niños en edad pre-escolar con sobrepeso y obesidad alcanzaron rendimientos motrices más bajos comparados con sus pares sin sobrepeso (Mond, Stich, Hay, Kraemer, & Baune, 2007). Estos resultados sugieren una marcada influencia negativa de los niveles de adiposidad corporal sobre el desempeño motriz, es decir, a mayor adiposidad menor rendimiento motriz.

También el incremento de la adiposidad se relacionó con bajos niveles de fuerza muscular en niños y jóvenes en edad escolar (Janz et al., 2002; Twisk et al., 2000). Los niños con bajos niveles de fuerza muscular y de rendimiento motriz son más inseguros y menos competentes en sus habilidades básicas de movimiento, incrementan sus conductas sedentarias y los factores de riesgo cardiovasculares y metabólicos (Faigenbaum et al., 2013).

Numerosos estudios analizaron las relaciones entre adiposidad, desempeño motriz, aptitud física y niveles de actividad física en niños escolares (Benson, Torode, & Singh, 2008; D'Hondt et al., 2013, 2009; Ervin, Fryar, Wang, Miller, & Ogden, 2014; Lopes, Maia, Rodrigues, & Malina, 2012). Sin embargo, la influencia de la aptitud muscular sobre la coordinación motriz general y la adiposidad en niños escolares aún no ha sido establecida. Por consiguiente, los objetivos de este estudio son: 1) Analizar las relaciones entre aptitud muscular, coordinación motriz general, adiposidad corporal, score de actividad física, edad y sexo en niños escolares de 6 a 9 años; 2) Identificar la influencia de la aptitud muscular sobre la coordinación motriz general y el índice de masa corporal en niños escolares de 6 a 9 años.

III.2.3. Material y métodos.

III.2.4. Diseño y participantes.

Este estudio consiste en una investigación cuantitativa, descriptiva y con diseño transversal, que estudia los perfiles de la aptitud muscular, coordinación motriz general, adiposidad corporal y actividad física en los diferentes grupos de edad en un único momento y sin seguimiento posterior. Centros educativos de nivel primario de la ciudad de Mar del Plata fueron invitados vía correo electrónico a participar en el estudio. Cinco instituciones respondieron positivamente y una de ellas, el Colegio Atlántico del Sud (CADS), fue seleccionada al cumplir con todos los requisitos solicitados y manifestar gran interés y disposición para participar en esta investigación relacionada con la salud, la aptitud física y la educación.

Participaron de este estudio niños y niñas (n=335) de entre 6 y 9 años, alumnos del nivel educativo primario del Colegio Atlántico del Sud (CADS) de la

ciudad de Mar del Plata, provincia de Buenos Aires, Argentina. Todos los participantes completaron un formulario de autorización y consentimiento informado parental, basado en las pautas sugeridas por la OMS para estudios con niños (OMS, 2007a), firmado por sus padres y/o tutores (Anexo 2). El Comité Asesor de Investigación y Ética de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) aprobó el presente estudio (Anexo 2). Con ayuda de sus padres, todos los niños completaron un cuestionario domiciliario para evaluar los niveles de actividad física diaria (Godard M et al., 2008) (Anexo 2).

III.2.5. Evaluaciones.

Las evaluaciones fueron realizadas en tres días sucesivos. El día 1 se registraron las mediciones antropométricas y parte de los test de aptitud muscular, los días 2 y 3 se completaron los test de aptitud muscular y los de coordinación motriz general.

III.2.6. Evaluaciones antropométricas.

- **Peso y estatura.** El peso corporal (PC) se determinó con una balanza digital profesional Tanita BC-601 con precisión de 100 gramos. Los niños fueron evaluados descalzos y con ropa deportiva liviana. La estatura (E) se midió con un estadiómetro portátil SECA 213 con precisión de 1 milímetro, los niños estaban descalzos, con su columna vertebral alineada en el dispositivo y el mentón paralelo al piso, ubicando su cabeza en el plano de Frankfort (OMS, 2015).
- **Índice de masa corporal (IMC).** Para el cálculo del IMC se dividió el peso corporal en kilogramos por la talla en metros al cuadrado (Kg/m^2) (Norton, Kevin & Olds, 1996).
- **Circunferencia de cintura (Cic).** Para realizar esta medición se utilizó una cinta metálica Anthotape (Rooscrafft SRL). La medición se realizó entre el último arco costal y la cresta ilíaca, en el punto medio entre ambas referencias (Norton, Kevin & Olds, 1996).

- Pliegue tricipital (Pt). La medición del pliegue se realizó con una pinza o plicómetro para medir pliegues cutáneos Gaucho Pro (Rooscrafft SRL). Este pliegue fue medido en el punto medio acromial-radial del brazo derecho, realizándose una pequeña marca entre ambos puntos o referencias anatómicas (Norton, Kevin & Olds, 1996).
- Índice cintura/estatura (Ice). Para calcular este índice se dividió la circunferencia de cintura, en centímetros por la estatura en centímetros (Cic en centímetros / E en centímetros) (OMS, 2015)

III.2.7. Test de Aptitud muscular.

- Lanzamiento de balón medicinal desde la posición de sentado (LBM). El participante está sentado en el suelo con ambos pies apoyados, las rodillas flexionadas en 90 grados, el tronco erguido, sosteniendo el balón medicinal por delante del pecho con sus manos y sus brazos flexionados. La ejecución comienza con una rápida extensión de brazos para lanzar el balón medicinal lo más lejos posible. Se registra el valor mayor de la distancia alcanzada entre tres intentos. El protocolo recomienda utilizar balones medicinales de entre 1 a 2 kilogramos para niños y 3 kilogramos para adolescentes (Council of Europe & Committee of Experts on Sports Research, 1993; Canadian Society for Exercise Physiology, 2003; Faigenbaum & Westcott, 2009).
- Salto en longitud sin carrera previa (SL). El participante se sitúa de pie y con la punta de sus pies en la línea de partida. Cuando está listo utilizará el impulso de sus tobillos, rodillas, cadera y brazos para saltar hacia delante lo más lejos posible. Se registra el valor mayor de distancia alcanzado entre tres intentos (Russell, Isaac & Wilson, 1989; Ruiz et al., 2009; Faigenbaum & Westcott, 2009; Castro-Piñero et al., 2010)
- Índice de aptitud muscular. Se construyó un índice específico de aptitud muscular (IAM) a partir de la suma de los puntajes z estandarizada de los test LMB y SL (Faigenbaum & Westcott, 2009).

III.2.8. Test de Coordinación motriz general.

Test de Coordinación Corporal para Niños (KTK) (Kiphard, E. J & Schilling,

V. F, 1974): Esta prueba comprende 4 tareas motrices específicamente secuenciadas para valorar la coordinación motriz general (CMG) de niños entre 5 a 14 años. Cada prueba otorga un puntaje y la suma de ellos un valor denominado cociente motor (CM) (Lopes, Maia, Rodrigues, & Malina, 2012; Ribeiro, David, Barbacena, Rodrigues, & França, 2012; Torralba, Vieira, Lleixà, & Gorla, 2014).

-Equilibrio caminando hacia atrás (ECA). El niño camina hacia atrás, de espaldas, sobre tres barras de 3 metros de largo, tres centímetros de altura y una anchura que varía en forma decreciente, 6; 4,5 y 3 centímetros respectivamente. Se realizan tres intentos en cada barra y se registra el número de pasos (sin tocar el piso y/o caer) sumado en todos los intentos, el valor máximo por barra e intento es de 8 puntos. Se evalúa el equilibrio dinámico.

-Saltos monopodales (SM). Los saltos con una pierna sobre obstáculos consisten en saltar bloques de goma espuma de 50 centímetros de largo por 20 centímetros de ancho y 5 centímetros de alto. El niño comienza la tarea desde una línea de partida ubicada a 1,5 metros de distancia de los obstáculos. Realiza saltos en una pierna de aproximación al obstáculo y continúa con dos saltos más una vez superado el mismo. Se permiten tres intentos por cada pierna. Se comienza con la pierna preferente y cuando se supera el obstáculo, se realiza el gesto con la otra pierna. La altura inicial de los obstáculos se recomienda según edad: 6 años= 1 placa; 7-8 años= 3 placas; 9 a 10 años= 5 placas. El puntaje de la prueba se asigna según la cantidad de obstáculos superados y el número de intentos realizados, el resultado es el sumatorio de ambas piernas.

-Saltos laterales continuados (SLC). La tarea consiste en saltar lateralmente con ambos pies juntos durante 15 segundos tan rápido como sea posible, sobre una placa de madera rectangular de 100 por 60 centímetros, con una división en la mitad de 4 centímetros de ancho y 2 centímetros de altura. Se dispone de dos intentos con una pausa de 10 segundos entre sí. Se registra el número total de saltos realizados en ambos intentos.

-Trasposición lateral (TL). De pie sobre una placa de madera de 25 x 25 x 2 centímetros y otra placa igual que se sitúa al lado del ejecutante sobre el suelo. La tarea consiste en coger con ambas manos la placa libre y ubicarla al lado de la suya para desplazarse lateralmente con la mayor rapidez posible, pasando de una placa a la otra en forma lateral, durante 20 segundos. Se otorgan dos intentos y se registra el sumatorio del número total de ejecuciones.

III.2.9. Determinación del escore de actividad física.

El nivel de actividad física de los niños y niñas fue valorado mediante el cuestionario del Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), el cual valora la actividad física habitual de niños escolares durante la semana (de lunes a viernes). Este cuestionario se realiza en el domicilio y con ayuda de los padres. Contiene cinco categorías: I) horas del día acostado; II) horas diarias de actividad sentado; III) Cantidad de cuadras (100 metros por unidad) que camina diariamente; IV) horas diarias de juego y actividad recreativa al aire libre y V) horas semanales de ejercicio y deporte programado. Cada categoría tiene un puntaje de 0 a 2, siendo la puntuación total 0 a 10 (Godard et al., 2008).

Los participantes fueron clasificados según diferentes puntos de corte en sub-grupos:

- Estatus de aptitud muscular: I) *niveles bajos de AM (NBAM; por debajo del percentil 25)*; II) *niveles medios de AM (NMAM; entre el percentil 25 y el 75)* y III) *niveles altos de AM (NAAM; por encima del percentil 75)*.
- Estatus de peso corporal: IMC: I) *normopeso (NP)*; II) *sobrepeso (SP)* y III) *obesidad (OB)*, usando los criterios y puntos de corte específicos del IMC para niños, según edad y sexo (Cole, 2000; OMS, 2007b).
- Estatus de coordinación motriz general: I) *Cociente Motor Bajo (≤ 85 , CMB)*; II) *Cociente Motor Medio (86 a ≤ 130 , CMM)* y III) *Cociente Motor Alto (≥ 131 , CMA)* (Kiphard & Schilling, 1974; Lopes et al., 2012; Ribeiro et al., 2012).

III.2.10. Análisis estadístico.

Se calcularon estadísticos descriptivos para determinar la media y el desvío estándar de las variables edad, peso, estatura, IMC, Cic, Pt, Ice, LBM, SL, ECA, SM, SLC, TL, CM, AF, IAM. Mediante test de Student se examinó la variación de las medias en dichas variables según sexo.

Para la descripción de las relaciones entre el conjunto de variables continuas se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. A fin de realizar comparaciones a posteriori, los sujetos fueron asignados en tres grupos según el valor de IMC: normopeso, sobrepeso y obesidad de acuerdo a puntos de corte específicos de edad y sexo (OMS, 2007b). Respecto de la aptitud muscular, se construyó un índice específico (IAM) a partir de la suma de los puntajes z estandarizados de los test LBM y SL. A partir de esta variable continua, se creó una variable categórica con tres grupos por percentiles: bajo (por debajo del percentil 25), medio (entre el percentil 25 y el 75) y alto (por encima del percentil 75). Se utilizó el análisis de varianza de un factor para analizar la relación de estas variables categóricas, por separado, con el cociente motor.

Para el análisis de varianza de CM según AM, se utilizó el test de Brown–Forsythe puesto que la varianza no es constante entre los niveles de aptitud muscular; mientras que las comparaciones a posteriori se hicieron con el test de Games-Howell. Para el análisis de varianza del CM según IMC, se usó el test F para la prueba conjunta. Las comparaciones a posteriori se hicieron con el test de Tukey. Posteriormente se utilizó la técnica de ANOVA factorial para analizar el efecto *conjunto* de la AM y el IMC sobre el CM. Esta última variable fue transformada logarítmicamente para satisfacer los supuestos de aplicación del modelo lineal general.

Finalmente, se llevó a cabo un análisis de regresión lineal múltiple y se compararon sus resultados con los obtenidos mediante la técnica ANOVA factorial. La principal diferencia estriba en que en el análisis de regresión las dos variables independientes principales del estudio (aptitud muscular e índice de masa corporal) fueron usadas en su nivel de medición original de escala, es

decir que sus valores no están categorizados por grupos específicos de sexo y edad. Por ello, se ingresó en el modelo a las variables edad y sexo como variables de control.

Al igual que en ejercicio anterior, se mantuvo la transformación logarítmica neperiana del cociente motor con la finalidad de satisfacer los supuestos de aplicación del modelo lineal general. Los resultados de ambas técnicas (anova factorial y regresión múltiple) fueron convergentes. El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software SPSS, versión 20.0. La significación fue establecida en $p < 0.05$.

III.2.11. Resultados.

La tabla 3 resume los valores promedio \pm DS determinados para edad, sexo, variables antropométricas, aptitud muscular, coordinación motriz general y score del cuestionario de actividad física. La prueba T mostró diferencias significativas en los valores de Pt ($p=0.036$), Ice ($p= 0.037$) y ECA ($p=0.000$) a favor de las niñas. Mientras que para los varones se observaron diferencias significativamente más altas que para las niñas en los valores de LBM ($p=0.000$), SL ($p=0.001$), AF ($p=0.000$) e IAM ($p=0.000$).

Tabla 3. Características de la muestra estudiada.

Variable	Total (n=335)		Niños (n=169)		Niñas (n=166)		p valor
	media	desvío	media	desvío	media	desvío	
Edad	7.6	0.86	7.6	0.90	7.6	0.82	0.941
Peso	26.5	5.83	26.7	6.07	26.3	5.58	0.541
Estatura	125.6	8.00	126.1	8.48	125.2	7.47	0.276
IMC	16.6	2.16	16.6	2.18	16.7	2.15	0.939
Cic	58.1	7.43	57.7	7.51	58.6	7.35	0.301
Pt	10.0	4.25	9.5	4.32	10.5	4.13	0.036*
Ice	0.5	0.05	0.5	0.04	0.5	0.05	0.037*
LMB	164.9	47.61	175.9	51.76	153.7	40.13	0.000*
SL	107.3	19.25	110.6	19.45	104.0	18.52	0.001*
ECA	30.7	11.50	28.3	10.44	33.2	12.03	0.000*
SM	16.9	14.27	18.0	14.50	15.7	13.98	0.151
SLC	24.2	13.15	23.5	12.76	24.9	13.54	0.315
TL	15.0	3.78	14.9	3.98	15.2	3.57	0.442
CM	86.8	30.38	84.6	29.47	89.0	31.21	0.184
AF	4.8	0.99	5.0	0.98	4.6	0.97	0.000*
IAM (z-scores)	0.0	1.81	0.4	1.88	-0.4	1.64	0.000*

IMC: índice de masa corporal; Cic: circunferencia de cintura; Pt: pliegue tricóipital; Ice: índice cintura estatura; LBM: lanzamiento de balón medicinal; SL: salto en longitud; ECA: equilibrio caminando hacia atrás; SM: saltos monopodales; SLC: saltos laterales continuados; TL: trasposición lateral; CM: cociente motor; AF: actividad física; IAM: índice de aptitud muscular.

La tabla 4 muestra las correlaciones entre edad, peso, estatura, variables antropométricas, aptitud muscular, coordinación motriz general y actividad física de los participantes. Tanto las variables antropométricas (IMC; Cic; Pt) como las relacionadas con la aptitud muscular (LBM; SL y IAM) muestran correlaciones positivas con la edad, peso y estatura de los participantes.

Con relación a la diferencia entre los sexos (sexo es una variable dummy 0 masculino; 1 femenino), las variables Pt; Ice y ECA muestran correlación positiva con el sexo femenino. Mientras que el LBM; SL; IAM y AF demuestran una asociación positiva con el masculino.

Tabla 4. Correlaciones entre las variables relevadas en el estudio

	Edad	IMC	Cic	Pt	Ice	LBM	SL	ECA	SM	SLC	TL	CM	AF	IAM
Edad	1													
IMC	.176**	1												
Cic	.414**	.829**	1											
Pt	.235**	.712**	.693**	1										
Ice	.066	.805**	.862**	.626**	1									
LBM	.625**	.232**	.403**	.223**	.067	1								
SL	.498**	-.118*	.013	-.102	-.250**	.635**	1							
ECA	.301**	-.162**	-.090	-.039	-.148**	.145**	.318**	1						
SM	.020	-.179**	-.159**	-.234**	-.187**	.219**	.455**	.261**	1					
SLC	.412**	.055	.070	.020	-.121*	.364**	.442**	.401**	.295**	1				
TL	.233**	-.130*	-.043	-.066	-.179**	.274**	.377**	.305**	.282**	.254**	1			
CM	.331**	-.138*	-.084	-.124*	-.219**	.350**	.572**	.713**	.731**	.755**	.482**	1		
AF	-.108*	-.041	-.057	-.084	-.058	-.013	.024	-.111*	.032	.024	-.081	-.027	1	
IAM	.621**	.062	.230**	.067	-.101	.904**	.904**	.256**	.373**	.445**	.360**	.510**	.006	1
GEN	.004	.004	.056	.114*	.113*	-.233**	-.172**	.211**	-.078	.055	.042	.072	-.191**	-.224**

IMC: índice de masa corporal; Cic: circunferencia de cintura; Pt: pliegue tricípital; Ice: índice cintura estatura; LBM: lanzamiento de balón medicinal; SL: salto en longitud; ECA: equilibrio caminando hacia atrás; SM: saltos monopodales; SLC: saltos laterales continuados; TL: trasposición lateral; CM: cociente motor; AF: actividad física; IAM: índice de aptitud muscular; GEN: género. * La correlación es significativa al nivel de 0.05 (bilateral). ** La correlación es significativa al nivel de 0.01 (bilateral).

Las pruebas de coordinación motriz (ECA; SM; SLC; TL), presentan las siguientes asociaciones: ECA correlaciona positivamente con la edad; SM tiene una correlación negativa con el peso corporal; SLC asociación positiva con edad, peso y estatura y TL correlaciona positivamente con la edad y estatura. El CM se asocia positivamente con la edad y estatura.

La actividad física demuestra una correlación negativa con la edad. El LBM evidencia una asociación positiva con IMC, Cic y Pt. El SL presenta una correlación negativa con IMC e Ice. El IAM demuestra una asociación positiva con Cic y negativa con el Ice. Los tres componentes de la aptitud muscular (LBM; SL; IAM) correlacionan positivamente con las cuatro pruebas de coordinación motriz (ECA; SM; SLC y TL) y con el CM. El LBM y SL se asocian positivamente entre sí.

Todos los indicadores de adiposidad (IMC; Cic; Pt; Ice) correlacionan negativamente con el CM. El IMC se asocia negativamente con las pruebas ECA, SM y TL. La Cic y Pt presentan una correlación negativa con SM. El Ice demuestra asociaciones negativas con ECA, SM, SLC y TL.

Sobre un total de 335 casos, la distribución de la variable aptitud muscular registra un 23% en la categoría baja, 52% en media y 25% en alta. Se observó un efecto significativo de la AM sobre el CM [$F(2.332) = 33.85$; $p < 0.001$]. Además las comparaciones a posteriori demostraron diferencias significativas ($p < 0.001$) entre todas las medias de CM según niveles de AM: bajo, $n=77$ (69.5 ± 20.60); medio, $n=175$ (86.8 ± 30.19) y alto, $n=83$ (103.7 ± 28.54).

La distribución de la variable adiposidad, estimada por el IMC, registró 238 (71%) casos en la categoría normopeso, 71 (21%) en sobrepeso y 26 (8%) en obesidad. Se observó mediante one way ANOVA un efecto significativo [$F(2.330) = 8.09$; $p < 0.001$] de la adiposidad (normopeso, sobrepeso y obesidad) sobre el CM. Las comparaciones por pares mostraron diferencias significativas ($p < 0.001$) entre el grupo normopeso con respecto a los otros dos grupos (sobrepeso y obesidad); no hubo diferencias significativas entre el grupo sobrepeso y el grupo obesidad: normopeso, $n=237$ (91.3 ± 30.85); sobrepeso, $n=70$ (78.2 ± 27.85); obesidad, $n=26$ (74.1 ± 19.77).

El análisis de ANOVA factorial reveló un efecto principal para los factores AM $F(2.324) = 13.91$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.079$, $\eta_G^2 = 0.046$ e IMC $F(2.324) = 4.81$, $p = 0.009$, $\eta_p^2 = 0.029$; $\eta_G^2 = 0.017$. No hubo interacción entre los efectos principales $F(4.324) = 0.778$, $p = 0.540$, $\eta_p^2 = 0.010$, $\eta_G^2 = 0.005$.

El análisis de regresión múltiple mostró que un 36% de la varianza ($R^2 = 0.36$, $F(4.328) = 46.38$, $p < 0.001$) fue explicada por las variables predictoras en donde la AM ($\beta = 0.59$; $p < 0.001$), el IMC ($\beta = -0.21$; $p < 0.001$) y el sexo ($\beta = 0.18$; $p < 0.001$), pero no así la edad ($\beta = 0.00$; $p = 0.971$) explicaron significativamente el puntaje del CM.

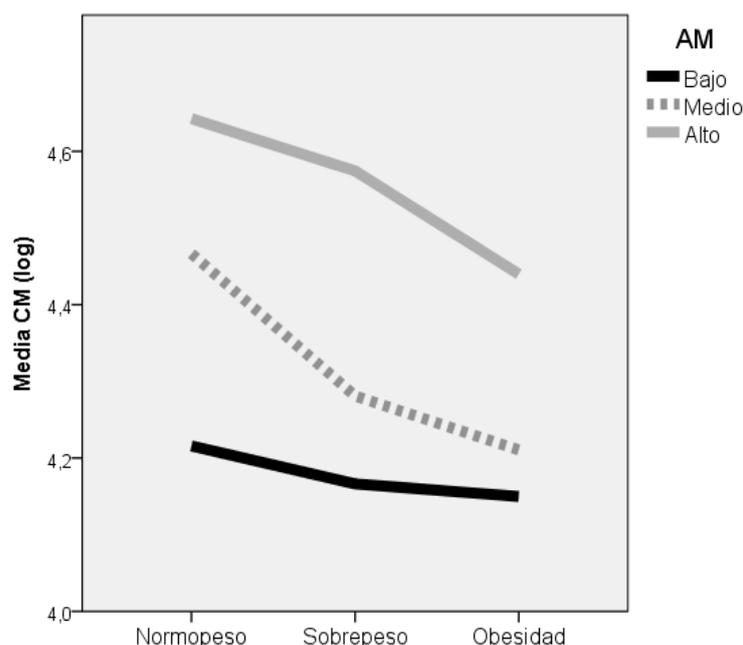


Figura 13. Relación entre los niveles de AM, IMC y CM.

III.2.12. Discusión.

El principal resultado de este estudio indica asociaciones positivas y significativas entre las medidas antropométricas, la aptitud muscular y la coordinación motriz general con edad, estatura y peso corporal (Tabla 4).

Estas asociaciones demostraron estar altamente influenciadas por los procesos de crecimiento, maduración y desarrollo (Cunha et al., 2015; Malina, Bouchard, & Bar Or, 2004; Lopes, Maia, Silva, & Morais, 2003; Faigenbaum et al., 2009; Valdivia et al., 2008; Vandorpe et al., 2011). Nuestros resultados indican: 1) que los niños son más fuertes y más activos físicamente que las

niñas; II) que los niveles de actividad física declinan con la edad; III) que no hay diferencias significativas entre sexos en su CM aunque éste aumenta con la estatura; y IV) que todos los indicadores de adiposidad corporal (IMC; Cic; Pt; Ice) se asocian negativamente con el CM, mientras que todos los indicadores de aptitud muscular (LMB, SL, IAM) correlacionan positivamente con el CM.

Los resultados del presente estudio coinciden con los reportados en estudios previos niveles de fuerza muscular en la infancia con reducciones del riesgo cardiovascular en la edad adulta, independientemente de la aptitud cardiovascular, adiposidad y otros factores de confusión (Grøntved et al., 2015). Visto que los niños en diferentes países del mundo están reduciendo sus niveles de aptitud muscular (Cohen et al., 2011; Moliner-Urdiales et al., 2010; Tremblay et al., 2010; Tyler R et al., 2015), y considerando que cuando presentan bajos niveles de fuerza muscular se altera su rendimiento motriz, se vuelven más inseguros y menos competentes en sus habilidades básicas de movimiento e incrementan sus conductas sedentarias y sus factores de riesgo cardio-metabólicos (Faigenbaum et al., 2013). En consecuencia, puede asumirse que tanto los niveles de aptitud muscular como de competencia motriz básica de los niños, juntos o por separado, pueden influir en sus conductas sedentarias.

Con relación a la influencia de la aptitud muscular sobre la coordinación motriz general y el índice de masa corporal, diferentes estudios analizaron las relaciones de la aptitud física con la coordinación motriz y el IMC de los niños (Haga, 2008; Lopes et al., 2012; Nunez-Gaunard et al., 2013; Vandendriessche et al., 2011), sin embargo, hasta nuestro conocimiento, este es el primer estudio que analiza la influencia directa de la aptitud muscular sobre la coordinación motriz.

El efecto de la AM sobre el CM es claro y concluyente. Los resultados del presente estudio indican que el grupo con alto nivel de AM registra diferencias en el CM de 16.9 y 34.2 puntos respecto de los grupos con niveles medio y bajo de AM, respectivamente. Mientras que los resultados del efecto del IMC

sobre el CM, demuestran que el grupo con obesidad registra una diferencia en su CM de -17.2 puntos, y el grupo con Sobrepeso de -13.1 puntos, al compararse con el grupo Normopeso. La influencia negativa del IMC sobre el CM ha sido señalada en diferentes estudios y relacionada con el sobrepeso y obesidad (D'Hondt et al., 2013, 2009; Graf et al., 2004; Nunez-Gaunaud et al., 2013)

La figura 13 muestra la relación entre las variables implicadas en el modelo. Independientemente del IMC, los niños con niveles altos de AM (aunque sean obesos) exhiben mayor CM que los que tienen AM baja. Incluso son más coordinados que aquellos que tienen niveles de AM medios con sobrepeso u obesidad.

Los resultados de este estudio confirman la preeminencia de la AM como la variable de mayor relevancia para explicar el CM. La convergencia en este sentido de las técnicas de anova factorial y regresión (en términos de los tamaños de los efectos) fortalecen la validez de dicho resultado.

III.2.13. Fortalezas y limitaciones.

Una de las limitaciones del presente estudio está relacionada con el tipo de diseño transversal, el cual no permite establecer asociaciones causales entre las variables estudiadas. También la evaluación de la actividad física de los participantes, mediante el cuestionario empleado, limita el análisis del nivel de actividad física de los mismos, (Van Der Horst, Paw, Twisk, & Van Mechelen, 2007). No obstante, el diseño transversal empleado permitió explorar diversos efectos y relaciones de forma simultánea; a la vez que proporcionó información importante para sugerir futuras intervenciones en el ámbito escolar.

III.2.14. Conclusiones.

La AM y la CMG aumentan con el crecimiento de los niños en ambos sexos; el incremento del IMC influye negativamente en la CMG; el aumento de la AM, independientemente del IMC, influye positivamente sobre la CMG y es el nivel

de AM de los niños el factor “per se” con mayor influencia positiva sobre la CMG.

III.3. Estudio 3. “Efectos de un programa de entrenamiento de la aptitud muscular sobre la coordinación motriz general, aptitud muscular y adiposidad corporal en niños escolares de 6 a 9 años”.

III.3.1. Resumen.

La aptitud muscular (AM) constituye un aspecto esencial para el crecimiento y desarrollo saludable de los niños y jóvenes. **Objetivo:** identificar los efectos de un programa de entrenamiento de AM de 12 semanas sobre la coordinación motriz general (CMG), AM y adiposidad corporal en niños escolares de 6 a 9 años. **Métodos:** Participaron del estudio 341 niños de nivel escolar primario (171 varones y 170 mujeres) con edades entre 6 y 9 años, fueron asignados aleatoriamente en un grupo experimental (GE) o un grupo contraste (GC). El GE desarrolló un programa de entrenamiento orientado para el desarrollo de la AM mientras que el GC realizó la clase de Educación Física escolar. **Resultados:** Aunque ambos grupos mostraron mejoras significativas, los niños del GE tuvieron mejoras más altas. Los cambios en el LBM, CM ($p = <0.001$; $\eta_p^2 = 0.081$) y SL ($p = <0.001$; $\eta_p^2 = 0.101$) fueron explicados por los efectos de la intervención. **Conclusiones:** El entrenamiento de la AM incrementa el CM, LBM y SL, en niños escolares de 6 a 9 años.

III.3.2. Introducción.

El sobrepeso y la obesidad infantil incrementan los factores de riesgo cardiovasculares y metabólicos (Flechtner-Mors et al., 2012; Lafortuna et al., 2010; Pulgarón, 2013), la mortalidad y la asociación con otras patologías (Franks et al., 2010; Must, Jacques, Dallal, Bajema, & Dietz, 1992) y enfermedades psico-sociales en los jóvenes (Schwimmer, Burwinkle, & Varni, 2003; Zimetkin, Zoon, Klein, & Munson, 2004). Un informe epidemiológico revela que en América Latina (UNICEF, WHO, World Bank, 2012) entre el 20 y 25% de la población total de niños y adolescentes tiene sobrepeso u obesidad, es decir, uno de cada 4 niños y jóvenes.

Los estudios (D'Hondt et al., 2013, 2009; Lopes, Rodrigues, Maia, & Malina, 2011; Nunez-Gaunard et al., 2013) también demostraron que existe una relación inversa entre sobrepeso y obesidad, y desempeño motriz en los niños (D'Hondt et al., 2013, 2009; Lopes et al., 2011; Nunez-Gaunard et al., 2013). Como contrapartida, la evidencia disponible en estudios de meta-análisis, revisiones sistemáticas y ensayos clínicos, demuestra la eficacia del ejercicio para desarrollar efectos positivos sobre la salud de niños y jóvenes cualquiera sea su estatus de peso corporal (Atlantis, Barnes, & Singh, 2006; Department of Health & Human Services, 2008; Janssen & LeBlanc, 2010; Strong et al., 2005).

Las mediciones antropométricas proponen distintos indicadores para valorar la adiposidad; algunos están relacionados con la cantidad de grasa corporal y otros con la distribución de ella (Kaufer-Horwitz & Toussaint, 2008), siendo uno de los más utilizados el IMC (Dietz & Robinson, 1998; Neovius, Linné, Barkeling, & Rössner, 2004). Si bien no es una medida precisa del tejido adiposo, ya que no lo evalúa directamente (Flegal & Ogden, 2011), su uso es recomendado por la OMS, el Centro de Control de Enfermedades de USA y otras agencias internacionales (Kuczmarski et al., 2002; OMS, 2015). Cuando se aplica el IMC en niños y jóvenes, los valores varían respecto de los adultos y se utilizan diferentes puntos de corte y referencias para edad y sexo (Cole, 2000; OMS, 2007b).

En la actualidad, los niños han incrementado su IMC (Wang & Lobstein, 2006; World Health Organization, 2014), y han reducido sus niveles de actividad física (Andersen et al., 2006; Ekelund et al., 2005), de aptitud muscular (Tyler et al., 2015, 2015) y sus habilidades motrices básicas (D'Hondt et al., 2013; Zhu et al., 2011).

Las investigaciones de los últimos años han destacado la importancia que tiene el desarrollo de la aptitud muscular para la salud de niños y jóvenes (Artero et al., 2011; Grøntved et al., 2015; Smith et al., 2014). Con el término "aptitud muscular" se representa en un solo concepto a la fuerza muscular, la resistencia muscular local y la potencia muscular; cuando se habla de

“entrenamiento de la aptitud muscular” se hace referencia al entrenamiento de la fuerza muscular (Lloyd et al., 2014). Para sus actividades cotidianas, juegos y deportes, los niños requieren, además de aptitud muscular, habilidades motrices esenciales (como correr, saltar y lanzar) tanto para su funcionamiento biológico como social. La coordinación motriz general es una ordenación y organización de esas acciones motrices esenciales en función de un objetivo o tarea motora (Bernstein, 1967).

Los estudios señalan que los niños obesos que permanecen en esa condición durante la adolescencia incrementan el riesgo de ser adultos obesos (Freedman, Khan, Dietz, Srinivasan, & Berenson, 2001). También que el incremento de la aptitud aeróbica y muscular entre la niñez y adolescencia influye en la reducción de la adiposidad corporal (Janz et al., 2002). Estos datos destacan la importancia de una intervención temprana con los niños, y no cabe duda de que el ámbito escolar es el mejor, siendo el lugar donde los niños adquieren, desarrollan y enriquecen sus habilidades básicas de movimiento (Malina, 2010; Valdivia et al., 2008). Sin embargo, existe el preconcepto de que las habilidades motrices básicas o esenciales se adquieren de modo “natural”, sin mediación de la enseñanza. Investigaciones recientes han demostrado que los niños necesitan oportunidades y prácticas para el aprendizaje para alcanzar el dominio de estas habilidades esenciales (Hardy, Reinten-Reynolds, Espinel, Zask, & Okely, 2012).

Este estudio tiene como propósito identificar los efectos de un programa de 12 semanas de entrenamiento de la aptitud muscular sobre la coordinación motriz general, aptitud muscular y adiposidad corporal en niños escolares de 6 a 9 años”.

III.3.3. Diseño y métodos.

Este estudio fue diseñado para identificar los efectos de un programa de 12 semanas de entrenamiento de la aptitud muscular (AM) en niños escolares de 6 a 9 años. Antes (M1) y después (M2) del entrenamiento todos los participantes realizaron evaluaciones antropométricas, de AM y de

coordinación motriz general (CMG). Luego de M1, y mediante un proceso de aleatorización, los participantes fueron asignados a uno los siguientes grupos, Grupo Experimental (GE) y Grupo Contraste (GC). Finalmente, todos los participantes informaron a los investigadores respecto a sus niveles de práctica deportiva extraescolar, precisando los siguientes aspectos: Práctica Si/No; Qué deporte; Regularidad y nivel de competición; Cantidad de horas semanales de entrenamiento y competición; Antigüedad/años de práctica regular. La figura 14 resume las etapas del estudio.

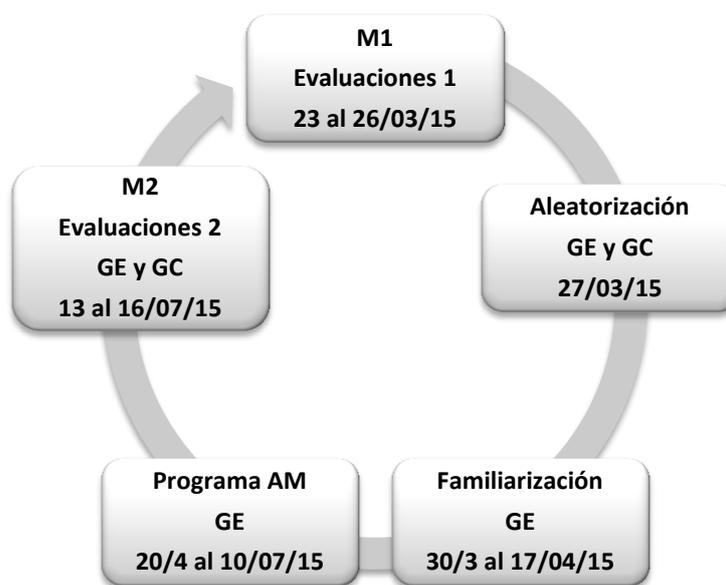


Figura 14. Secuencia de actividades del estudio.

III.3.4. Participantes.

Se analizaron los datos de 341 niños de 6 a 9 años (171 varones y 170 niñas) de los cuales 237 fueron clasificados como normopeso, 72 con sobrepeso y 32 como obesos, todos ellos alumnos del nivel educativo primario del Colegio Atlántico del Sud (CADS) de la ciudad de Mar del Plata, provincia de Buenos Aires, Argentina.

Invitamos por correo electrónico a los distintos establecimientos educativos de nivel primario de la ciudad de Mar del Plata a participar en este estudio, siendo finalmente el CADS el colegio elegido, y demostrando gran interés y

disposición para participar en esta investigación relacionada con la salud, aptitud física y educación.

Todos los participantes completaron un formulario de autorización y consentimiento informado parental, basado en las pautas sugeridas por la OMS para estudios con niños (OMS, 2007a), firmado por sus padres y/o tutores (Anexo 2). El Comité Asesor de Investigación y Ética de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) aprobó el presente estudio (Anexo 2). Los niños completaron con ayuda de sus padres un cuestionario domiciliario para evaluar los niveles de actividad física diaria (Godard et al., 2008) (Anexo 2). Este cuestionario valora la actividad física habitual de niños escolares durante la semana (de lunes a viernes) y contiene cinco categorías: I) horas del día acostado; II) horas diarias de actividad sentado; III) cantidad de cuadras (100 metros por unidad) que camina diariamente; IV) horas diarias de juego y actividad recreativa al aire libre y V) horas semanales de ejercicio y deporte programado. Cada categoría es calificada con un puntaje de 0 a 2. (Godard et al., 2008).

III.3.5. Evaluaciones.

Las evaluaciones se realizaron durante tres días. El día 1 se registraron las evaluaciones antropométricas y parte de los test de aptitud muscular; los días 2 y 3 se completaron los test de aptitud muscular y los de coordinación motriz general.

III.3.6. Evaluaciones antropométricas.

- **Peso y estatura.** El peso corporal (PC) se determinó con una balanza digital profesional Tanita BC-601 con precisión de 100 gramos. Los niños fueron evaluados descalzos y con ropa deportiva liviana. La estatura (E) se midió con un estadiómetro portátil SECA 213 con precisión de 1 milímetro, los niños estaban descalzos, con su columna vertebral alineada en el dispositivo y el mentón paralelo al piso, ubicando su cabeza en el plano de Frankfort (OMS, 2015).

- Índice de masa corporal. Para el cálculo del IMC se dividió el peso corporal en kilogramos por la talla en metros al cuadrado (Kg/m^2) (Norton, Kevin & Olds, 1996).
- Circunferencia de cintura (Cic). Para realizar esta medición se utilizó una cinta metálica Anthotape (Rooscraft SRL). La medición se realizó entre el último arco costal y la cresta ilíaca, en el punto medio entre ambas referencias (Norton, Kevin & Olds, 1996).
- Pliegue tricípital (Pt). La medición del pliegue se realizó con una pinza o plicómetro para medir pliegues cutáneos Gaucho Pro (Rooscraft SRL). Este pliegue fue medido en el punto medio acromial-radial del brazo derecho, realizándose una pequeña marca entre ambos puntos o referencias anatómicas (Norton, Kevin & Olds, 1996).
- Índice cintura/estatura (Ice). Para calcular este índice se dividió la circunferencia de cintura, en centímetros por la estatura en centímetros ($\text{Cic en centímetros} / \text{E en centímetros}$) (OMS, 2015).
- Porcentaje de grasa corporal (%gc). A partir del Ice se aplicó una ecuación de estimación de la grasa corporal para cada sexo (Marrodán et al., 2011).

III.3.7. Test de aptitud muscular.

- Lanzamiento de balón medicinal sentado (LBM). El participante está sentado en el piso con ambos pies apoyados, las rodillas flexionadas en 90 grados, el tronco erguido, sosteniendo el balón medicinal delante del pecho con sus manos, sus brazos flexionados, cuando esté listo realizará una extensión rápida de los brazos lanzando el implemento hacia adelante lo más lejos posible. Se registra el valor mayor de la distancia alcanzada entre tres intentos. El protocolo recomienda utilizar balones medicinales de entre 1 a 2 kilogramos para niños y 3 kilogramos para adolescentes (Canadian Society for Exercise Physiology, 2003; Council of Europe & Committee of Experts on Sports Research, 1993; Faigenbaum & Westcott, 2009).
- Salto en longitud sin carrera (SL). El participante está de pie, quieto y con la punta de sus pies en la línea de partida. Cuando está listo utilizará el

impulso de sus tobillos, rodillas, cadera y brazos para saltar hacia delante lo más lejos posible. Se registra el valor mayor de distancia alcanzado entre tres intentos (Castro-Piñero et al., 2010; Faigenbaum & Westcott, 2009; Ruiz et al., 2009; Russell et al., 1989).

III.3.8. Test de coordinación motriz general.

Test de Coordinación Corporal para Niños (KTK) (Kiphard, E. J & Schilling, V. F, 1974): Esta prueba comprende 4 tareas motrices específicamente secuenciadas para valorar la coordinación motriz general (CMG) de niños entre 5 a 14 años. Cada prueba otorga un puntaje y la suma de ellos un valor denominado cociente motor (CM) (Lopes et al., 2012; Ribeiro et al., 2012; Torralba et al., 2014).

1) Equilibrio caminando hacia atrás (ECA). El niño camina hacia atrás, de espaldas, sobre tres barras de 3 metros de largo, tres centímetros de altura y una anchura que varía en forma decreciente, 6; 4.5 y 3 centímetros respectivamente. Realizará tres intentos en cada barra y se registra el número de pasos (sin tocar el piso y/o caer) sumado en todos los intentos, el valor máximo por barra e intento es de 8 puntos. Se evalúa el equilibrio dinámico.

2) Saltos monopodales (SM). Los saltos con una pierna sobre obstáculos consisten en saltar bloques de goma espuma de 50 centímetros de largo por 20 centímetros de ancho y 5 centímetros de alto. El niño comienza la tarea desde una línea de partida ubicada a 1.5 metros de distancia de los obstáculos. Realiza saltos en una pierna de aproximación al obstáculo y continúa con dos saltos más una vez superado el mismo. Dispone de tres intentos por cada pierna, comienza con su pierna preferente y cuando supera el obstáculo, lo realiza con la otra pierna. La altura inicial de los obstáculos se recomienda según la edad (por ejemplo, 6 años= 1 placa; 7-8 años= 3 placas; 9 a 10 años= 5 placas). El puntaje de la prueba se asigna según la cantidad de obstáculos superados y el número de intentos que empleó, el resultado es el sumatorio de ambas piernas.

3) Saltos laterales continuados (SLC). La tarea consiste en saltar lateralmente con ambos pies juntos durante 15 segundos tan rápido como sea posible, en una placa de madera rectangular de 100 por 60 centímetros, con una división en la mitad de 4 centímetros de ancho y 2 centímetros de alto. Se dispone de dos intentos con una pausa de 10 segundos entre sí. Se registra el número total de saltos realizados en ambos intentos.

4) Trasposición lateral (TL). El niño está de pie sobre una placa de madera de 25 x 25 x 2 centímetros y otra placa igual se encuentra a su lado, en el piso. La tarea consiste en coger con ambas manos la placa libre y ubicarla al lado de la suya para desplazarse lateralmente con la mayor rapidez posible, pasando de una placa a la otra en forma lateral, durante 20 segundos. Dispondrá de dos intentos y se registra el número total realizado en ambas repeticiones.

III.3.9. Periodo de familiarización.

Antes de comenzar con la intervención, los participantes del GE desarrollaron un período de familiarización con el programa de entrenamiento de la AM. Durante 3 semanas, realizaron 8 ejercicios (para tren superior; torso y tren inferior) en dos sesiones por semana y días no consecutivos, y organizados en forma de circuito. Esta fase fue supervisada y controlada para la correcta enseñanza, aprendizaje y ejecución de los ejercicios. Además, los participantes recibieron instrucciones específicas acerca del uso de la Escala de Esfuerzo Percibido (EEP) (Faigenbaum, Milliken, Cloutier, & Westcott, 2004) para emplearla como herramienta de control de la intensidad de los ejercicios durante el programa de entrenamiento de la AM.

III.3.10. Programa de entrenamiento de aptitud muscular.

El estudio se desarrolló entre marzo y julio del año 2015 (figura 14). Los participantes del GE realizaron durante 12 semanas de intervención, 24 sesiones de entrenamiento de la AM, en la tabla 9 se muestran sus características. Los fundamentos científicos y metodológicos de este programa se encuadran en las directrices propuestas por los expertos (Faigenbaum et al., 2009; Naclerio, 2011). Al inicio de la clase de Educación Física, el GE realizó 8 ejercicios en dos a tres series de 12 a 15 repeticiones, organizados en forma

de circuito. Luego, los niños se incorporan con sus pares a la clase de Educación Física. El GC realizó sólo la clase de Educación Física.

Los ejercicios se basaron en variedades de saltos, de lanzamientos del balón medicinal, de flexiones de brazos y de abdominales y espinales lumbares. Todos los ejercicios se categorizaron según el nivel de dificultad en E1 (fácil); E2 (moderado) y E3 (difícil).

Tabla 9. Programa de entrenamiento de la aptitud muscular.

EJERCICIOS*						
1ºGRADO		2ºGRADO			3ºGRADO	
1-Rebotes hacia delante (Canguro) 2-Abdominales en espejo (parejas enfrentadas) 3-Flexiones de brazos lanzando lejos la pared. 4-Saltos en longitud 5-Acostados elevaciones alternadas de brazos y piernas. 6-Pases de MB entre sí, sentados y desde sentadilla (en parejas) 7-Gateos invertidos. 8-Lanzamientos de MB contra la pared(diversos)		1-Caminatas con pasos largos. 2-Abdominales en parejas con pasaje de MB. 3-Flexiones de brazos contra la pared combinando con tensiones isométricas. 4-Rebotes laterales (canguro). 5-Nados en el suelo. 6-Lanzamientos de MB contra la pared (variantes) 7-Saltos verticales en el lugar combinando con tensiones isométricas. 8-Flexiones de brazos en cuadrupedia.			1-Saltos en longitud continuados. 2-Abdominales en parejas lanzando el MB al compañero. 3-Lanzamiento de MB contra la pared. 4-Sentadillas con variantes de velocidad y combinando tensiones isométricas. 5-Superman. 6-Lanzamientos contra la pared de MB alternado los brazos. 7-Saltos continuados en una pierna. 8-Flexiones de brazos combinadas (diversas).	
Componentes de la carga de entrenamiento						
Semana	Cantidad ejercicios	Nivel de dificultad	Repeticiones	Series	Pausa	Otros
		**	***	****		
1 y 2	8	E1	12 a 15	2 y 3	60 a 90 seg.	En todas las sesiones se realizaron correcciones técnicas de los ejercicios, grupales como individuales. El profesor insistía con el uso de consignas para la comprensión, motivación e implicación de los niños con el ejercicio. Cuando los ejercicios se realizaban correctamente, se aumentaba la velocidad de la ejecución de los mismos.
3 y 4	8	E1 - E2	12 a 15	2 y 3	60 a 90 seg.	
5 y 6	8	E2 - E3	12	3	60 a 90 seg.	
7 y 8	8	E3 - E2	12	3	60 a 90 seg.	
9 y 10	8	E3	12 a 15	2 y 3	60 a 90 seg.	
11 y 12	8	E3	12 a 15	3	60 a 90 seg.	

Ejercicios*= Los ejercicios de la tabla corresponden a la 5° y 6° semana de programa y están ordenados según la secuencia que se usó en el circuito de entrenamiento. Se realizaban las series correspondientes a los ejercicios 1, 2 y 3, lo mismo con los ejercicios 4, 5 y 6 y finalmente los ejercicios 7 y 8.**E1 ("fácil"); E2 ("moderada"); E3 ("difícil"); E1-E2; E2-E3; E3-E2 significa que en ambas semanas se combinaron los 2 niveles de ejercicio.*** 2 y 3 significa que en la semana inicial de ese bloque se usaron 2 series y en la siguiente del mismo bloque se utilizaron 3 series por ejercicio.****las pausas se aplicaron en cada cambio de ejercicios, por ejemplo al terminar el ejercicio número 3, antes de empezar el número 4 y luego entre el número 6 y 7.

Además, se agruparon por región corporal (extremidades superiores; torso y extremidades inferiores) y fueron numerados para su orden secuencial, por ejemplo: 1) Rebotes “canguro” (tren inferior); 2) Abdominales con pasaje de MB (torso) y 3) Lanzamiento de MB desde el pecho contra la pared (tren superior); se repetían estos tres ejercicios hasta completar el número de series indicadas (2 o 3) al concluir las se realizaba una pausa de 60 a 90 segundos. Para continuar con los ejercicios 4, 5 y 6, otra nueva pausa y se concluía con los ejercicios 7 y 8.

Se puso el énfasis en la corrección técnica del movimiento en todos los ejercicios, cuando los niños no podían realizar el ejercicio propuesto se reemplazaba por otro más sencillo y lo inverso cuando el ejercicio era de fácil ejecución. Al mismo tiempo se empleó la EEP para valorar la intensidad de la carga propuesta, el objetivo era que los niños tuviesen una percepción de esfuerzo entre 5 y 6. Cada dos semanas se incrementó, primero el número de series (de 2 a 3) y luego la intensidad a partir de la mayor dificultad/complejidad del ejercicio, y al incremento en la velocidad del movimiento.

III.3.11. Análisis estadístico.

Al inicio del estudio se evaluaron las diferencias entre los grupos experimental y control utilizando pruebas t para muestras independientes. Los efectos de la intervención fueron examinados mediante pruebas t para muestras relacionadas con la finalidad de determinar cambios dentro de los grupos, y también con pruebas t para muestras independientes sobre los cambios de puntuación (post menos pre) para determinar diferencias entre grupos en cada una de las variables estudiadas.

Asimismo, los puntajes de cambio para las variables LBM, SL, y CM fueron ingresadas como variables dependientes dentro de un modelo lineal general (ANCOVA) con grupo -experimental y control- y sexo asignados como factores fijos y edad como covariable, con la finalidad de controlar la influencia del efecto del tratamiento por el sexo y la edad.

Los datos presentados en la Tabla 10 son promedios y desviaciones típicas. El nivel de significación escogido fue $\alpha = 0.05$. Los datos fueron analizados con SPSS versión 19.

III.3.12. Resultados.

III.3.13. Comparación de las características iniciales entre los grupos experimental y control.

Con la excepción de las variables antropométricas IMC ($p=0.022$); Cic ($p=0.031$); Ice ($p=0.001$); %gc ($p=0.001$) y la prueba de TL ($p=0.022$) para las cuales el GC registró valores ligeramente más altos e irrelevantes a efectos prácticos, en las demás variables estudiadas no se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) respecto al inicio del estudio (M1).

III.3.14. Cambios en la adiposidad corporal, aptitud muscular y coordinación motriz general.

La tabla 10 muestra los resultados obtenidos en la adiposidad corporal (AC), AM y CMG en M2 vs M1. Ambos grupos (GE y GC) mostraron cambios significativos en Cic, Pt, Ice y % gc. Sólo el GC incrementó significativamente el IMC. En el M2 no se observaron diferencias significativas entre los grupos para ninguna de las variables analizadas.

Ambos grupos mostraron mejoras significativas en el LBM, SL y CM, en M2 vs M1, con valores más altos en el GE. Asimismo, este grupo presentó cambios significativamente más altos respecto del GC en M2. Con relación a las pruebas que componen la CMG, el GE mostró cambios significativamente más altos en SM y SLC respecto al GC. No obstante, el GC mejora significativamente en SM, SLC y TL, aunque sólo el cambio en la prueba TL es significativamente mayor que el GE.

Tabla 10. Cambios en las características físicas, aptitud muscular y coordinación motriz general de los participantes.

	Grupo experimental (n=167)				Grupo control (n=174)			
	M1	M2	Cambio	% Cambio	M1	M2	Cambio	% Cambio
Edad	7.6 (0.86)	-	-	-	7.6 (0.85)	-	-	-
PC	26.26 (5.80)	27.24* (5.66)	0.98 (2.44)	3.73	26.77 (5.86)	28.15* (6.97)	1.37 (2.79)	5,11
E	126.04 (7.89)	127.82* (7.61)	1.78 (1.91)	1.41	125.28 (8.09)	127.24* (7.31)	1,96 (1,87)	1.56
IMC	16.36† (2.07)	16.51 (2.07)	0.14 (1.08)	0.91	16.90 (2.22)	17.05* (2.36)	0.15 (0.70)	0.88
Cic	57.25† (6.42)	55.91* (6.02)	-1.33 (3.99)	-2.34	58.98 (8.21)	58.19* (7.95)	-0.78 (3.24)	-1.32
Pt	9.75 (3.85)	11.00* (4.07)	1.24 (2.41)	12.82	10.26 (4.59)	11.39* (4.84)	1.12 (2.80)	10.91
Ice	0.45† (0.04)	0.43* (0.03)	-0.01 (0.02)	-4.44	0.46 (0.04)	0.45* (0.04)	-0.01 (0.02)	-2.17
%gc	22.54 (5.05)	20.88* (4.40)	-1.66 (2.88)	-7.36	24.48 (5.66)	23.16* (5.53)	-1.31 (2.45)	-5.35
Indicadores de Aptitud muscular.								
LBM	165.22 (49.09)	209.28* (57.53)	44.05† (36.19)	26.68	164.62 (46.28)	186.81* (49.92)	22.19 (36.47)	13.47
SL	108.26 (19.98)	125.30* (20.18)	17.04† (17.25)	15.73	106.44 (18.54)	119.41* (30.56)	12.97 (27.55)	12.18
Indicadores de Coordinación motriz general.								
ECA	31.56 (11.74)	32.95 (12.81)	1.38 (10.15)	4.37	29.91 (11.22)	30.72 (12.13)	0.8 (9.14)	2.67
SM	16.14 (13.47)	26.64* (15.70)	10.49† (11.82)	67.78	17.56 (14.99)	19.25* (14.64)	1.68 (10.41)	9.56
SLC	24.99 (14.16)	40.97* (17.75)	15.97† (14.69)	63.90	23.43 (12.08)	33.49* (16.39)	10.06 (14.13)	42.93
TL	15.57† (4.11)	16.11 (3.86)	0.53† (4.8)	3.40	14.52 (3.35)	17.39* (5.07)	2.8 (4.63)	19.76
CM	88.26 (31.25)	117.04* (37.75)	28.77† (24.07)	32.59	85.41 (29.53)	101.0* (33.93)	15.58 (20.89)	18.24

M1=valor inicial (Pre); M2=valor post 12 semanas. PC= peso corporal; E= edad; IMC=índice de masa corporal; Cic= circunferencia de cintura; Pt= pliegue tricípital; Ice= índice cintura estatura; %gc= porcentaje de grasa corporal; LBM= lanzamiento de balón medicinal; SL= salto en longitud; ECA= equilibrio caminando hacia atrás; SM= salto monopodal; SLC= saltos laterales continuados; TL= transposición lateral; CM= cociente motor. Los valores son medias y (desvíos estándares). * P ≤0.05 M2 vs M1; † P ≤0.05 Grupo intervención vs grupo control.

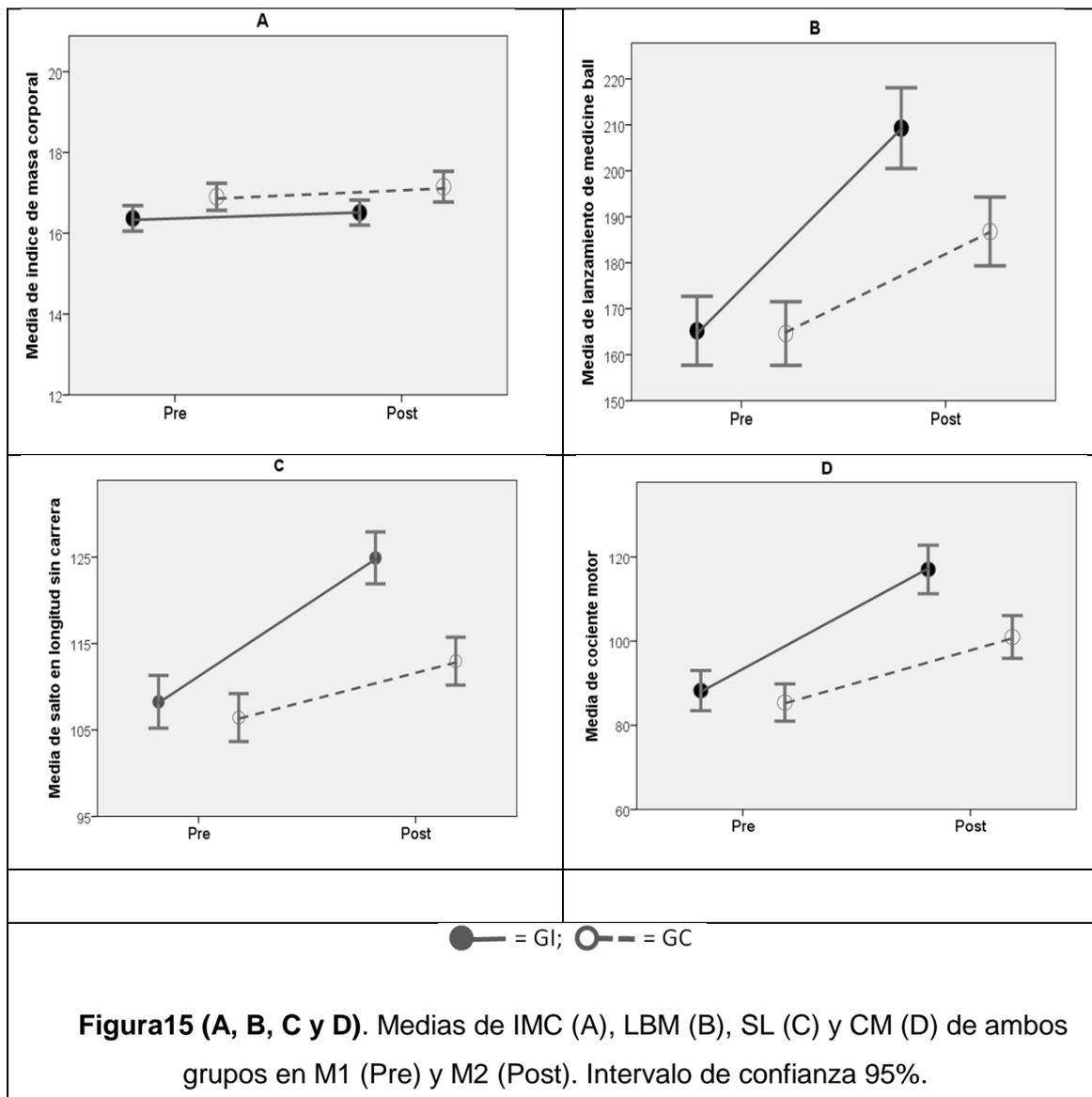
El análisis de los efectos de la intervención sobre los cambios registrados en las variables de AM (LBM; SL) y CMG (ECA; SM; SLC; TL y CM) se realizó mediante análisis de covarianza (ANCOVA). Los resultados señalan que:

A) Para los cambios en el LBM hay un efecto principal para el grupo $F(1,336) = 29.42$; $p < 0.001$; $\eta_p^2 = 0.081$. En tanto que los efectos del sexo $F(1,336) = 3.45$; $p = 0.064$; $\eta_p^2 = 0.010$; de la edad $F(1,336) = 1.16$; $p = 0.281$; $\eta_p^2 = 0.003$, y de la interacción entre grupo y sexo $F(1,336) = 1.87$; $p = 0.172$; $\eta_p^2 = 0.006$ no resultaron significativos.

B) Para los cambios en el SL hay un efecto principal para el grupo $F(1,336) = 36.02$; $p < 0.001$; $\eta_p^2 = 0.101$ y para la edad $F(1,336) = 8.41$; $p = 0.004$; $\eta_p^2 = 0.026$. En tanto que los efectos del sexo $F(1,336) = 3.00$; $p = 0.084$; $\eta_p^2 = 0.009$; y de la interacción entre grupo y sexo $F(1,336) = 0.28$; $p = 0.597$; $\eta_p^2 = 0.001$ no resultaron significativos.

C) Para los cambios en el CM hay un efecto principal del factor grupo $F(1,336) = 29.48$; $p < 0.001$; $\eta_p^2 = 0.081$ y para la edad $F(1,336) = 7.48$; $p = 0.007$; $\eta_p^2 = 0.022$. En tanto que los efectos del sexo $F(1,336) = 0.044$; $p = 0.834$; $\eta_p^2 = 0.000$ y de la interacción entre grupo y sexo $F(1,336) = 0.154$; $p = 0.695$; $\eta_p^2 = 0.000$ no resultaron significativos.

En la figura 15, se muestran los cambios en ambos grupos (GE y GC) entre M1 y M2. El IMC (figura 15A) no presentó cambios significativos en ninguno de los grupos. Mientras que el LBM (figura 15B), el SL (figura 15C) y el CM (figura 15D) demuestran diferencias significativamente mayores, ($p < 0.001$) para el GE respecto al GC.



III.3.15. Discusión.

El principal resultado de este estudio indica que un programa de 12 semanas de entrenamiento de la aptitud muscular mejora tanto la capacidad de lanzamiento y salto, como la coordinación motora en niños de 6 a 9 años (tabla 10).

La eficacia y los efectos de los programas de entrenamiento de la fuerza muscular con niños han sido demostrados en diversos estudios (Behringer et al., 2010; Falk & Tenenbaum, 1996; Lillegard, Brown, Wilson, Henderson, & Lewis, 1997; Malina, 2006; Payne et al., 1997) así como la mejora en el

desempeño motriz de tareas como el salto, el lanzamiento, la carrera, etc. (Behringer et al., 2011; Faigenbaum & Mediate, 2006; Faigenbaum et al., 1993; Flanagan et al., 2002). Sin embargo, hasta nuestro conocimiento, este es el primer estudio en donde se ha investigado el efecto de un programa de entrenamiento de la aptitud muscular sobre la coordinación motriz general en niños de escuela primaria.

La tabla 10 resume los valores y porcentajes de cambios calculados entre el M2 vs M1 en los dos grupos analizados (GE; GC). El GE tuvo un incremento significativamente mayor en su puntaje de CM, LBM y SL, respecto al GC. La intervención incrementó 32.59% el CM, 26.68% el LBM y 15.35% el SL; estos resultados destacan la influencia que tiene el entrenamiento de la aptitud muscular sobre la coordinación motriz general. Los análisis de los ANCOVAS confirmaron que las mejoras del CM, SL y LBM fueron explicadas fundamentalmente por el programa de entrenamiento, siendo el impacto causado por los cambios en la composición corporal, edad y sexo de menor incidencia.

En el GC también se observan cambios significativos en M2 respecto al M1 (tabla 10), con los siguientes porcentajes de efecto: CM (18.24); LBM (13.47) y SL (6.66). Estos cambios se pueden explicar por su relación con los procesos de crecimiento, desarrollo y maduración de los niños en esta etapa (Malina et al., 2004).

Con relación a las variables antropométricas, la Cic, Ice y %gc disminuyen significativamente en el M2 vs M1 en ambos grupos (GE; GC), siendo mayor el porcentaje del efecto en el GE (Cic -2.34 vs -1.32; Ice -4.44 vs -2.17; %gc -7.36 vs -5.35) (Tabla 10). Otras investigaciones (Benson et al., 2008b; McGuigan, Tatasciore, Newton, & Pettigrew, 2009; Shaibi et al., 2006) mostraron resultados similares e incluso mayores a los del presente estudio, en la reducción de la Cic y el % gc con programas de entrenamiento de la fuerza en jóvenes. En cambio, otro estudio (Weltman et al., 1986) demostró un incremento significativo de la Cic en el GE vs GC. Es posible que diferencias en el diseño de los programas de entrenamiento, especialmente en la intensidad

de las cargas (baja/moderada vs alta) pueda haber influido en esta discrepancia. Además, de acuerdo con Benson (Benson et al., 2008b) el entrenamiento de la fuerza muscular con niños y adolescentes ha sido siempre programado e integrado con el entrenamiento cardiovascular y/o con intervenciones nutricionales, y en muchos casos relegándolo a un rol complementario.

En la figura 15 se muestran los cambios en ambos grupos (GE y GC) entre M1 y M2. El IMC (A) no presentó cambios relevantes en ninguno de los dos grupos. En cambio, en el GE se destaca la eficacia del programa de entrenamiento de la AM para incrementar el rendimiento del LMB (B), SL (C) y CM (D) en 44.05, 16.63 y 28.77 puntos, respectivamente. La eficacia de la intervención demostrada en los resultados se fundamenta en el programa de entrenamiento implementado (tabla 9); las pautas aplicadas en este estudio son coincidentes con las recomendaciones científicas internacionales (Council on Sports Medicine and Fitness, 2008; Faigenbaum et al., 2009; Stratton et al., 2004). El énfasis puesto en la enseñanza técnica de los ejercicios, su progresión en la dificultad, el control de la intensidad, el número de series y la combinación de los diferentes componentes de las cargas, han sido elementos relevantes en la obtención de estos resultados. Otro aspecto importante de la intervención fue el impacto de la adherencia; durante las 12 semanas, los participantes tuvieron una asistencia $\geq 92\%$. Una revisión sistemática (Dietz, Hoffmann, Lachtermann, & Simon, 2012) señala una media de 84% de adherencia en los programas de entrenamiento de la fuerza muscular con niños, destacando que estos programas tendrían mayor cumplimiento, generan más tolerancia y motivación que los programas de resistencia aeróbica.

III.3.16. Fortalezas y limitaciones.

Una limitación de este estudio la identificamos en las evaluaciones de la composición corporal, restringiendo las mediciones de los pliegues cutáneos solo al pliegue tricipital. El ámbito escolar limita en muchos casos algunas evaluaciones que pueden resultar invasivas y/o plantear cuestiones éticas al momento de su instrumentación y debimos considerar esos aspectos.

Una de las principales fortalezas es que el modelo de intervención aplicado pudo ser integrado en las clases de Educación Física con facilidad y gran nivel de aceptación por parte de los niños.

Los resultados del presente estudio son promisorios en cuanto que los niños incrementaron sus valores de AM y CMG, y con ello se influye positivamente sobre la confianza y seguridad para los movimientos básicos y la actividad física.

III.3.17. Conclusión.

El entrenamiento de la aptitud muscular incrementa la coordinación motriz general, lanzamiento de balón medicinal y salto en longitud, en niños escolares de 6 a 9 años.

IV. DISCUSIÓN GENERAL.

En su conjunto, en este trabajo se analizaron los niveles de aptitud muscular, coordinación motriz general, adiposidad corporal y sus relaciones, en niños escolares de 6 a 9 años.

El principal hallazgo de esta investigación fue que los programas de entrenamiento de la aptitud muscular (AM) incrementan la coordinación motriz general (CMG) de los niños, cualquiera sea su estatus de adiposidad corporal, y por lo tanto constituyen una herramienta esencial para la educación motriz básica.

Los resultados del meta-análisis señalan que los programas de entrenamiento de la aptitud muscular con niños y jóvenes son eficaces para reducir la grasa corporal ($d = -0.37$) e incrementar el desempeño motriz en la saltabilidad y el lanzamiento ($d = 0.54$ y 0.49 , respectivamente). Estas tres variables han demostrado ser muy relevantes. Los niños que participaron en los estudios incluidos redujeron sus niveles de adiposidad e incrementaron sus valores de fuerza muscular y desempeño motriz. Por lo tanto se confirman los efectos positivos del entrenamiento de la aptitud muscular para mejorar la composición corporal y el rendimiento motriz en niños y jóvenes. El meta-análisis realizado aportó información importante vinculada con componentes de la carga de entrenamiento (como frecuencia y duración). La falta de estudios específicos sobre los efectos y relaciones entre la aptitud muscular y la coordinación motriz general condujo al diseño del segundo estudio, en donde se evaluaron estas variables en 335 niños escolares. Los resultados de este trabajo indicaron que el 71% de los niños presentan normopeso, 21% sobrepeso y 8% obesidad. Los valores de AM señalaron que 23% de los niños tienen bajos niveles de AM, 52% niveles medios y 25% niveles altos. En tanto que la CMG, expresada en la variable cociente motor (CM), muestra que 23% de los niños presentan valores bajos de CM, 53% tienen valores medios y 24% valores altos. Estos resultados demostraron la prevalencia de niveles de AM y CMG bajos y medios en los niños escolares de 6 a 9 años. Otros resultados del estudio confirman que todos los indicadores de AM correlacionan positivamente con el CM, demostrando que los niños que presentan niveles altos de AM, independientemente de su estatus de adiposidad, tienen niveles altos de CM.

En cambio, los niños que presentaron niveles medios y bajos de AM presentan niveles medios y bajos de CM. Además, que todas las variables relacionadas con la adiposidad corporal se asocian negativamente con el CM, coincidiendo con los resultados de otras investigaciones (D'Hondt et al., 2009; Graf et al., 2004; Lopes et al., 2012; Malina & Reyes, 1994). En definitiva, el segundo estudio indicó que el nivel de AM de los niños estudiados es la variable de mayor relevancia para explicar la CMG. A partir de estos resultados se diseñó el tercer estudio que consistió en una intervención, con dos grupos paralelos: experimental y control, en donde se evaluaron los efectos de un programa de entrenamiento de la aptitud muscular sobre la coordinación motriz general, aptitud muscular y adiposidad corporal en niños escolares de 6 a 9 años. Los resultados del estudio 3 demostraron que el programa de intervención incrementó 32.59% el CM, 26.68% el lanzamiento de balón medicinal (LBM) y 15.35% el salto en longitud (SL). El análisis de ANCOVA confirmó que las mejoras en esas variables se debió fundamentalmente al efecto del programa de entrenamiento, siendo para el SL ($p = <0.001$; $\eta_p^2 = 0.101$), LBM y CM ($p = < 0.001$; $\eta_p^2 = 0.081$). El incremento de la fuerza muscular demostrado en este estudio es coincidente con los resultados de otras investigaciones (Behringer et al., 2010; Faigenbaum et al., 2009; Falk & Tenenbaum, 1996; Lillegard et al., 1997; Payne et al., 1997), que señalan aumentos promedio de 30% en la fuerza muscular de los niños en programas entre 8 y 20 semanas. En el estudio 3 no se observaron cambios significativos en la adiposidad corporal en el grupo experimental. Otros estudios (Benson et al., 2008b; Watts et al., 2004) demostraron una reducción de la grasa corporal luego de un programa de entrenamiento de la fuerza muscular de 8 semanas de duración. Estas diferencias en los resultados pueden ser explicadas tanto por el diseño del programa como por las características de los participantes, la intensidad, duración, IMC y estadios madurativos que fueron diferentes.

Los resultados de este estudio confirman la eficacia de un programa de entrenamiento de la aptitud muscular en el contexto escolar. La clase de Educación Física es considerada una herramienta clave para incrementar los niveles de actividad física de los niños (Burgeson, Wechsler, Brener, Young, & Spain, 2001; McKenzie et al., 2004; Pate et al., 2006) y, en consecuencia,

diversas organizaciones científicas (Eyre et al., 2004) y autoridades educativas internacionales han desarrollado recomendaciones relacionadas con la cantidad y calidad de las clases de Educación Física (Hardman, 2008). Los programas de entrenamiento de la fuerza con niños fueron considerados inseguros y riesgosos para la salud y el crecimiento de los jóvenes, sin embargo, la evidencia científica actual demuestra lo contrario (Faigenbaum & Myer, 2010; Faigenbaum et al., 2009; Malina, 2006). Cuando los programas son adecuadamente diseñados y supervisados resultan seguros, eficaces y esenciales para la salud (Lloyd et al., 2014). Además, los ejercicios de fuerza muscular influyen positivamente sobre la coordinación neuro-muscular y la plasticidad del sistema nervioso infantil, contribuyendo en edades tempranas al desarrollo de habilidades motrices básicas (Borms, 1986; Lubans, Morgan, Cliff, Barnett, & Okely, 2010).

Los resultados del meta-análisis destacaron las controversias y motivos de debate en torno al entrenamiento de la fuerza muscular en niños y permitieron analizar las soluciones metodológicas basadas en la evidencia científica, que sirvieron de base para el diseño de los estudios posteriores. El programa de intervención realizado por los niños que participaron en el tercer estudio confirma las recientes recomendaciones del consenso internacional del entrenamiento de fuerza para niños y jóvenes (Lloyd et al., 2014), en donde se destaca la importancia de la enseñanza técnica de los ejercicios, la progresión de la intensidad en las cargas relacionada con el ritmo de aprendizaje de la técnica, y la implicación y motivación de los niños en el programa. Además, es importante destacar que el programa de entrenamiento se ha integrado adecuadamente en la clase de Educación Física. Sus efectos demostraron incrementos significativamente mayores en los niños del grupo experimental respecto del grupo control para la AM y CMG, mientras que los niños del grupo control también tuvieron incremento en esas variables, explicado por los procesos de crecimiento y desarrollo normales.

IV.1. Limitaciones y propuestas para futuros estudios.

La principal limitación de este proyecto de tesis fue la representatividad de los escolares estudiados en el segundo y tercer estudio. Al momento de diseñar la investigación se convocaron diversos establecimientos educativos con la pretensión de lograr una muestra representativa para la ciudad, pero esa intención no pudo concretarse ya que tanto las autoridades educativas como los padres de los niños presentaron reparos y algunos temores relacionados con el programa a desarrollar. Sin embargo, la experiencia resultó positiva para la comunidad y para la concreción de los objetivos del estudio. Desde el comienzo, autoridades escolares y padres de los niños, aun los que no participaron del estudio, mostraron expectativa e interés por sus resultados y esto fue confirmado por los profesores y autoridades de la escuela en donde se desarrolló el programa. Además, el número de participantes fue suficiente para realizar el estudio y concretar sus objetivos.

Otra limitación de la investigación fue la falta de una evaluación más precisa de los niveles de actividad física de los escolares en el momento previo a la intervención. El cuestionario utilizado no fue satisfactorio para cubrir ese aspecto.

En consecuencia, resulta evidente la necesidad de estudios, con muestras más representativas, que incluyan mayor número de escuelas, otras ciudades y diferentes realidades socioeconómicas del país, para poder confirmar la causalidad de estos resultados. Además, sería importante poner mayor esfuerzo en esclarecer dentro de la comunidad educativa la importancia, eficacia y seguridad de los programas de entrenamiento de la fuerza muscular con niños, basándose en los aportes de la presente tesis. También sería conveniente continuar con las evaluaciones de aptitud muscular, coordinación motriz general y adiposidad corporal, en los escolares, para disponer de valores de referencia y comparación válidos para futuros trabajos de investigación.

IV.2. Conclusiones.

- I) El nivel de aptitud muscular se relaciona positivamente con el de coordinación motriz general.
- II) Los niños con altos niveles de aptitud muscular, independientemente de su nivel de adiposidad corporal, tienen mejor rendimiento en su coordinación motriz general.
- III) El entrenamiento de la aptitud muscular induce mejoras en la coordinación motriz general de niños escolares de 6 a 9 años.

V. BIBLIOGRAFÍA.

- Andersen, L. B., Harro, M., Sardinha, L. B., Froberg, K., Ekelund, U., Brage, S., & Anderssen, S. A. (2006). Physical activity and clustered cardiovascular risk in children: a cross-sectional study (The European Youth Heart Study). *Lancet (London, England)*, 368(9532), 299-304. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(06\)69075-2](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)69075-2)
- Ara, I., Moreno, L. A., Leiva, M. T., Gutin, B., & Casajús, J. A. (2007). Adiposity, Physical Activity, and Physical Fitness Among Children From Aragón, Spain. *Obesity*, 15(8), 1918-1924. <http://doi.org/10.1038/oby.2007.228>
- Artero, E. G., Espana-Romero, V., Ortega, F. B., Jimenez-Pavon, D., Ruiz, J. R., Vicente-Rodriguez, G., ... Castillo, M. J. (2010). Health-related fitness in adolescents: underweight, and not only overweight, as an influencing factor. The AVENA study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(3), 418-427. <http://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00959.x>
- Artero, E. G., España-Romero, V., Jiménez-Pavón, D., Martínez-Gómez, D., Warnberg, J., Gómez-Martínez, S., ... HELENA study group. (2014). Muscular fitness, fatness and inflammatory biomarkers in adolescents. *Pediatric Obesity*, 9(5), 391-400. <http://doi.org/10.1111/j.2047-6310.2013.00186.x>
- Artero, E. G., Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Espana-Romero, V., Vicente-Rodriguez, G., Molnar, D., ... Gutierrez, A. (2011). Muscular and cardiorespiratory fitness are independently associated with metabolic risk in adolescents: the HELENA study. *Pediatric Diabetes*, 12(8), 704-712. <http://doi.org/10.1111/j.1399-5448.2011.00769.x>
- Atlantis, E., Barnes, E. H., & Singh, M. A. F. (2006). Efficacy of exercise for treating overweight in children and adolescents: a systematic review. *International Journal of Obesity (2005)*, 30(7), 1027-1040. <http://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803286>
- Barazzoni, R. (2012). Muscle Biopsy To Investigate Mitochondrial Turnover. En L. Luzi (Ed.), *Cellular Physiology and Metabolism of Physical Exercise* (pp. 67-84). Springer Milan.
- Behringer, M., Vom Heede, A., Matthews, M., & Mester, J. (2011). Effects of strength training on motor performance skills in children and adolescents: a meta-analysis. *Pediatric Exercise Science*, 23(2), 186-206.
- Behringer, M., vom Heede, A., Yue, Z., & Mester, J. (2010). Effects of resistance training in children and adolescents: a meta-analysis. *Pediatrics*, 126(5), e1199–e1210.
- Benson, A. C., Torode, M. E., & Singh, M. A. F. (2006). Muscular strength and cardiorespiratory fitness is associated with higher insulin sensitivity in

children and adolescents. *International Journal of Pediatric Obesity: IJPO: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 1(4), 222-231.

Benson, A. C., Torode, M. E., & Singh, M. A. F. (2008a). Effects of resistance training on metabolic fitness in children and adolescents: a systematic review. *Obesity Reviews*, 9(1), 43-66. <http://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2007.00388.x>

Benson, A. C., Torode, M. E., & Singh, M. A. F. (2008b). The Effect of High-Intensity Progressive Resistance Training on Adiposity in Children: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Obesity*, 32(6), 1016-1027. <http://doi.org/10.1038/ijo.2008.5>

Bernstein NA. (1967). *The coordination and regulation of movements*. Oxford, New York, Pergamon press.

Boreham, C., & Riddoch, C. (2001). The physical activity, fitness and health of children. *Journal of Sports Sciences*, 19(12), 915-929. <http://doi.org/10.1080/026404101317108426>

Borms, J. (1986). The child and exercise: an overview. *Journal of Sports Sciences*, 4(1), 3-20. <http://doi.org/10.1080/02640418608732093>

Boström, P., Wu, J., Jedrychowski, M. P., Korde, A., Ye, L., Lo, J. C., ... Spiegelman, B. M. (2012). A PGC1- α -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature*, 481(7382), 463-468. <http://doi.org/10.1038/nature10777>

Bouchant, A., Martin, V., Maffiuletti, N. A., & Ratel, S. (2011). Can muscle size fully account for strength differences between children and adults? *Journal of Applied Physiology*, 110(6), 1748-1749. <http://doi.org/10.1152/jappphysiol.01333.2010>

Branta, C., Haubenstricker, J., & Seefeldt, V. (1984). Age changes in motor skills during childhood and adolescence. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 12, 467-520.

Brownson, R. C., Boehmer, T. K., & Luke, D. A. (2005). Declining rates of physical activity in the United States: what are the contributors? *Annual Review of Public Health*, 26, 421-443. <http://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.26.021304.144437>

Burgeson, C. R., Wechsler, H., Brener, N. D., Young, J. C., & Spain, C. G. (2001). Physical education and activity: results from the School Health Policies and Programs Study 2000. *The Journal of School Health*, 71(7), 279-293.

- Canadian Society for Exercise Physiology (CSEP). (2003). *The Canadian Physical Activity, Fitness & Lifestyle Approach (CPAFLA): CSEPHHealth & Fitness Program's Health-Related Appraisal and Counselling Strategy*. Ottawa: Ottawa: CSEP.
- Castillo-Garzón, M. J., Ruiz, J. R., Ortega, F. B., & Gutierrez-Sainz, A. (2006). A Mediterranean Diet Is Not Enough for Health: Physical Fitness Is an Important Additional Contributor to Health for the Adults of Tomorrow. En A. P. Simopoulos & F. Visioli (Eds.), *World Review of Nutrition and Dietetics* (pp. 114-138). Basel: KARGER. Recuperado a partir de <http://www.karger.com/doi/10.1159/000097913>
- Castro-Piñero, J., Artero, E. G., España-Romero, V., Ortega, F. B., Sjöström, M., Suni, J., & Ruiz, J. R. (2010). Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, *44*(13), 934-943.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2015). About Child & Teen BMI. Recuperado 14 de octubre de 2015, a partir de http://www.cdc.gov/healthyweight/assessing/bmi/childrens_bmi/about_child_rens_bmi.html
- Chakravarthy, M. V., & Booth, F. W. (2004). Eating, exercise, and «thrifty» genotypes: connecting the dots toward an evolutionary understanding of modern chronic diseases. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, *96*(1), 3-10. <http://doi.org/10.1152/jappphysiol.00757.2003>
- Clark, B. C., & Manini, T. M. (2012). What is dynapenia? *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, *28*(5), 495-503. <http://doi.org/10.1016/j.nut.2011.12.002>
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, *112*(1), 155-159.
- Cohen D, Voss C, Taylor M, Delextrat A, Ogunleye A, & Sandercock G. (2011). Ten-year secular changes in muscular fitness in English children. *Acta paediatrica (Oslo, Norway: 1992)*, *100*(10), e175-7. <http://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2011.02318.x>
- Cohen J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). New York, NY, US: Academic press.
- Cole, T. J. (2000). Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*, *320*(7244), 1240-1240. <http://doi.org/10.1136/bmj.320.7244.1240>

- Council of Europe, & Committee of Experts on Sports Research. (1993). *Eurofit: handbook for the Eurofit tests of physical fitness*. Strasbourg: Council of Europe, Committee for the Development of Sport.
- Council on Sports Medicine and Fitness. (2008). Strength Training by Children and Adolescents. *PEDIATRICS*, 121(4), 835-840. <http://doi.org/10.1542/peds.2007-3790>
- Cunha, G. D. S., Sant'anna, M. M., Cadore, E. L., Oliveira, N. L. de, Santos, C. B. D., Pinto, R. S., & Reischak-Oliveira, A. (2015). Physiological adaptations to resistance training in prepubertal boys. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 86(2), 172-181. <http://doi.org/10.1080/02701367.2014.982782>
- Davis, J., Kelly, L., Lane, C., Ventura, E., Byrd-Williams, C., Alexandar, K., ... Goran, M. (2009a). Randomized Control Trial to Improve Adiposity and Insulin Resistance in Overweight Latino Adolescents. *Obesity (Silver Spring)*, 17(8), 1542–1548.
- Davis, J., Tung, A., Chak, S., Ventura, E., Byrd-Williams, C., Alexander, K., ... Goran, M. (2009b). Aerobic and Strength Training Reduces Adiposity in Overweight Latina Adolescents. *Med Sci Sports Exerc*, 41((7)), 1494–1503.
- Deforche, B., Lefevre, J., De Bourdeaudhuij, I., Hills, A. P., Duquet, W., & Bouckaert, J. (2003). Physical fitness and physical activity in obese and nonobese Flemish youth. *Obesity Research*, 11(3), 434-441.
- Department of Health. (2011). *Start active, stay active: report on physical activity in the UK*. Recuperado a partir de <https://www.gov.uk/government/publications/start-active-stay-active-a-report-on-physical-activity-from-the-four-home-countries-chief-medical-officers>
- Department of Health & Human Services. (2008). *Physical Activity Guidelines for Americans*. Recuperado 2 de septiembre de 2015, a partir de <http://health.gov/paguidelines/pdf/paguide.pdf>
- D'Hondt, E., Deforche, B., De Bourdeaudhuij, I., & Lenoir, M. (2009). Relationship Between Motor Skill and Body Mass Index in 5- to 10-Year-Old Children. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 26(1), 21-37.
- D'Hondt, E., Deforche, B., Gentier, I., De Bourdeaudhuij, I., Vaeyens, R., Philippaerts, R., & Lenoir, M. (2013). A longitudinal analysis of gross motor coordination in overweight and obese children versus normal-weight peers. *International Journal of Obesity (2005)*, 37(1), 61-67. <http://doi.org/10.1038/ijo.2012.55>

- Dietz, P., Hoffmann, S., Lachtermann, E., & Simon, P. (2012). Influence of exclusive resistance training on body composition and cardiovascular risk factors in overweight or obese children: a systematic review. *Obesity Facts*, 5(4), 546-560. <http://doi.org/10.1159/000341560>
- Dietz, W. H., & Robinson, T. N. (1998). Use of the body mass index (BMI) as a measure of overweight in children and adolescents. *The Journal of Pediatrics*, 132(2), 191-193.
- Ekelund, U., Neovius, M., Linné, Y., Brage, S., Wareham, N. J., & Rössner, S. (2005). Associations between physical activity and fat mass in adolescents: the Stockholm Weight Development Study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(2), 355-360.
- Ellis, K. J. (2000). Human Body Composition: In Vivo Methods. *Physiological Reviews*, 80(2), 649-680.
- Eyre, H., Kahn, R., Robertson, R. M., and the ACS/ADA/AHA Collaborative Writing Committee, Clark, N. G., Doyle, C., ... Thun, M. J. (2004). Preventing Cancer, Cardiovascular Disease, and Diabetes: A Common Agenda for the American Cancer Society, the American Diabetes Association, and the American Heart Association*†. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 54(4), 190-207. <http://doi.org/10.3322/canjclin.54.4.190>
- Faigenbaum, A. D., Bush, J. A., Mcloone, R. P., Kreckel, M. C., Farrell, A., Ratamess, N. A., & Kang, J. (2015). Benefits of strength and skill-based training during primary school physical education. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(5), 1255-1262. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000812>
- Faigenbaum, A. D., Farrell, A., Fabiano, M., Radler, T., Naclerio, F., Ratamess, N. A., ... Myer, G. D. (2011). Effects of Integrative Neuromuscular Training on Fitness Performance in Children. *Pediatric Exercise Science*, 23(4), 573-584.
- Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23, S60–S79.
- Faigenbaum, A. D., Lloyd, R. S., & Myer, G. D. (2013). Youth Resistance Training: Past Practices, New Perspectives, and Future Directions. *Pediatric Exercise Science*, 25(4), 591-604.
- Faigenbaum, A. D., Milliken, L. A., Cloutier, G., & Westcott, W. L. (2004). Perceived exertion during resistance exercise by children. *Perceptual and Motor Skills*, 98(2), 627-637. <http://doi.org/10.2466/pms.98.2.627-637>

- Faigenbaum, A. D., Milliken, L. A., Loud, R. L., Burak, B. T., Doherty, C. L., & Westcott, W. L. (2002). Comparison of 1 and 2 days per week of strength training in children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 73(4), 416-424. <http://doi.org/10.1080/02701367.2002.10609041>
- Faigenbaum, A. D., & Myer, G. D. (2010). Resistance training among young athletes: safety, efficacy and injury prevention effects. *British journal of sports medicine*, 44(1), 56-63. <http://doi.org/10.1136/bjism.2009.068098>
- Faigenbaum, A. D., & Myer, G. D. (2012). Exercise deficit disorder in youth: Play now or pay later. *Current Sports Medicine Reports*, 11(4), 196-200.
- Faigenbaum, A. D., & Westcott, W. (2009). *Youth Strength Training* (2009.^a ed.). Human Kinetics. Recuperado a partir de <http://www.humankinetics.com/products/all-products/youth-strength-training-programs-for-health-fitness-and-sport>
- Faigenbaum, A., & Mediate, P. (2006). Effects of Medicine Ball Training on Fitness Performance of High-School Physical Education Students. *Physical Educator*, 63(3), 160-167.
- Faigenbaum, A., Milliken, L., Moulton, L., & Westcott, W. (2005). Early Muscular Fitness Adaptations in Children in Response to Two Different Resistance Training Regimens. *Pediatric Exercise Science*, (17), 237-248.
- Faigenbaum, A., Westcott, W., Micheli, L., Outerbridge, A. R., Long, C., LaRosa-Loud, R., & Zaichkowsky, L. (1996). The effects of strength training and detraining on children. *Journal Of Strength And Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 10(2), 109-114.
- Faigenbaum, A., Zaichkowsky, L., Westcott, W., Micheli, L., & Fehlandt, A. (1993). The Effects of a Twice-a-Week Strength Training Program on Children. *Pediatric Exercise Sciertce*, 5, 339-346.
- Falk, B., & Mor, G. (1996). The Effects of Resistance and Martial Arts Training in 6- to 8-Year-Old Boys. *Pediatric Exercise Science*, 8, 48-56.
- Falk, B., & Tenenbaum, G. (1996). The effectiveness of resistance training in children. A meta-analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 22(3), 176-186.
- Fisher, F. M., Kleiner, S., Douris, N., Fox, E. C., Mepani, R. J., Verdeguer, F., ... Spiegelman, B. M. (2012). FGF21 regulates PGC-1 α and browning of white adipose tissues in adaptive thermogenesis. *Genes & Development*, 26(3), 271-281. <http://doi.org/10.1101/gad.177857.111>

- Flanagan, S., Laubach, L., De Marco Jr., G., Alvarze, C., Borchers, S., Dressman, E., ... Weseli, D. (2002). Effects of Two Different Strength Training Modes on Motor Performance in Children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 73(3), 340-344.
- Flechtner-Mors, M., Thamm, M., Wiegand, S., Reinehr, T., Schwab, K. O., Kiess, W., ... APV initiative and the BMBF Competence Network Obesity. (2012). Comorbidities related to BMI category in children and adolescents: German/Austrian/Swiss Obesity Register APV compared to the German KiGGS Study. *Hormone Research in Pædiatrics*, 77(1), 19-26. <http://doi.org/10.1159/000334147>
- Flegal, K. M., & Ogden, C. L. (2011). Childhood obesity: are we all speaking the same language? *Advances in Nutrition (Bethesda, Md.)*, 2(2), 159S-66S. <http://doi.org/10.3945/an.111.000307>
- Franks, P. W., Hanson, R. L., Knowler, W. C., Sievers, M. L., Bennett, P. H., & Looker, H. C. (2010). Childhood obesity, other cardiovascular risk factors, and premature death. *The New England Journal of Medicine*, 362(6), 485-493. <http://doi.org/10.1056/NEJMoa0904130>
- Freedman, D. S., Khan, L. K., Dietz, W. H., Srinivasan, S. R., & Berenson, G. S. (2001). Relationship of childhood obesity to coronary heart disease risk factors in adulthood: the Bogalusa Heart Study. *Pediatrics*, 108(3), 712-718.
- Freitas, D., Beunen, G., Maia, J., Claessens, A., Thomis, M., Marques, A., ... Lefevre, J. (2012). Tracking of fatness during childhood, adolescence and young adulthood: a 7-year follow-up study in Madeira Island, Portugal. *Annals of Human Biology*, 39(1), 59-67.
- García-Artero, E., Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Mesa, J. L., Delgado, M., González-Gross, M., ... Castillo, M. J. (2007). [Lipid and metabolic profiles in adolescents are affected more by physical fitness than physical activity (AVENA study)]. *Revista Española De Cardiología*, 60(6), 581-588.
- Godard M, C., N, R., Pilar, M. del, Díaz, N., Lera M, L., Salazar R, G., & Burrows A, R. (2008). Valor de un test clínico para evaluar actividad física en niños. *Revista médica de Chile*, 136(9), 1155-1162. <http://doi.org/10.4067/S0034-98872008000900010>
- Gorla, J. I., Duarte, E., & Montagner, P. C. (2009). Avaliação da coordenação motora de escolares da área urbana do município de Umuarama-Pr, Brasil. Recuperado a partir de <http://portalrevistas.ucb.br/index.php/RBCM/article/viewArticle/1128>
- Graf, C., Koch, B., Kretschmann-Kandel, E., Falkowski, G., Christ, H., Coburger, S., ... Dordel, S. (2004). Correlation between BMI, leisure habits

and motor abilities in childhood (CHILT-project). *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 28(1), 22-26. <http://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802428>

Granacher, U., Goesele, A., Roggo, K., Wischer, T., Fischer, S., Zuerny, C., ... Kriemler, S. (2011). Effects and mechanisms of strength training in children. *International journal of sports medicine*, 32(5), 357.

Grøntved, A., Ried-Larsen, M., Møller, N. C., Lund Kristensen, P., Froberg, K., Brage, S., & Andersen, L. B. (2015). Muscle strength in youth and cardiovascular risk in young adulthood (the European Youth Heart Study). *British Journal of Sports Medicine*, 49(2), 1-6.

Haga, M. (2008). The relationship between physical fitness and motor competence in children. *Child: Care, Health and Development*, 34(3), 329-334. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2214.2008.00814.x>

Hallal, P. C., Andersen, L. B., Bull, F. C., Guthold, R., Haskell, W., Ekelund, U., & Lancet Physical Activity Series Working Group. (2012). Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *Lancet (London, England)*, 380(9838), 247-257. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60646-1](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60646-1)

Hardman, K. (2008). The Situation of Physical Education in Schools: A European Perspective. *Human Movement*, 9(1). <http://doi.org/10.2478/v10038-008-0001-z>

Hardy, L. L., Reinten-Reynolds, T., Espinel, P., Zask, A., & Okely, A. D. (2012). Prevalence and correlates of low fundamental movement skill competency in children. *Pediatrics*, 130(2), e390-e398. <http://doi.org/10.1542/peds.2012-0345>

Hasselstrøm, H., Hansen, S. E., Froberg, K., & Andersen, L. B. (2002). Physical fitness and physical activity during adolescence as predictors of cardiovascular disease risk in young adulthood. Danish Youth and Sports Study. An eight-year follow-up study. *International Journal of Sports Medicine*, 23 Suppl 1, S27-31. <http://doi.org/10.1055/s-2002-28458>

Higgins, J. P. T., Altman, D. G., Gøtzsche, P. C., Jüni, P., Moher, D., Oxman, A. D., ... Sterne, J. A. C. (2011). The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*, 343, d5928. <http://doi.org/10.1136/bmj.d5928>

Higgins, J. P. T., Thompson, S. G., Deeks, J. J., & Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ: British Medical Journal*, 327(7414), 557-560.

- Hopewell, S., McDonald, S., Clarke, M. J., & Egger, M. (2007). Grey literature in meta-analyses of randomized trials of health care interventions. En The Cochrane Collaboration (Ed.), *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. Recuperado a partir de <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.MR000010.pub3>
- Hruby, A., Chomitz, V. R., Arsenault, L. N., Must, A., Economos, C. D., McGowan, R. J., & Satchek, J. M. (2012). Predicting Maintenance or Achievement of Healthy Weight in Children: The Impact of Changes in Physical Fitness. *Obesity*, 20(8), 1710-1717. <http://doi.org/10.1038/oby.2012.13>
- Ingle, L., Sleep, M., & Tolfrey, K. (2006). The effect of a complex training and detraining programme on selected strength and power variables in early pubertal boys. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 987-997. <http://doi.org/10.1080/02640410500457117>
- Janssen, I., & LeBlanc, A. G. (2010). Review Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7(40), 1-16.
- Janz, K. F., Dawson, J. D., & Mahoney, L. T. (2002). Increases in physical fitness during childhood improve cardiovascular health during adolescence: The Muscatine Study. *International Journal of Sports Medicine*, 23, S15-S21.
- Kaufer-Horwitz, M., & Toussaint, G. (2008). Indicadores antropométricos para evaluar sobrepeso y obesidad en pediatría. *Boletín médico del Hospital Infantil de México*, 65(6), 502-518.
- Kiphard, E. J., & Schilling, V. F. (1974). *Körperkoordinationstest für kinder KTK manual Von Fridhelm Schilling*. Weinheim: Beltz Test.
- Kotzamanidis, C. (2006). Effect of plyometric training on running performance and vertical jumping in prepubertal boys. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 20(2), 441-445. <http://doi.org/10.1519/R-16194.1>
- Kraemer, W. J., Fry, A. C., Frykman, P. N., Conroy, B., & Hoffman, J. (1989). Resistance training and youth. Recuperado a partir de <http://kuscholarworks.ku.edu/handle/1808/11384>
- Kuczmarski, R. J., Ogden, C. L., Guo, S. S., Grummer-Strawn, L. M., Flegal, K. M., Mei, Z., ... Johnson, C. L. (2002). 2000 CDC Growth Charts for the United States: methods and development. *Vital and Health Statistics. Series 11, Data from the National Health Survey*, (246), 1-190.

- Lafortuna, C. L., Adorni, F., Agosti, F., De Col, A., Sievert, K., Siegfried, W., & Sartorio, A. (2010). Prevalence of the metabolic syndrome among extremely obese adolescents in Italy and Germany. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 88(1), 14-21. <http://doi.org/10.1016/j.diabres.2010.01.008>
- Lake, A., & Townshend, T. (2006). Obesogenic environments: exploring the built and food environments. *The Journal of the Royal Society for the Promotion of Health*, 126(6), 262-267. <http://doi.org/10.1177/1466424006070487>
- Lee, S., Bacha, F., Hannon, T., Kuk, J. L., Boesch, C., & 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. <http://doi.org/10.2337/db12-0214>
- LeMura, L. M., & Maziekas, M. T. (2002). Factors that alter body fat, body mass, and fat-free mass in pediatric obesity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(3), 487-496.
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., ... Moher, D. (2009). The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. *PLoS Med*, 6(7), e1000100. <http://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>
- Lillegard, W. A., Brown, E. W., Wilson, D. J., Henderson, R., & Lewis, E. (1997). Efficacy of strength training in prepubescent to early postpubescent males and females: effects of gender and maturity. *Pediatric Rehabilitation*, 1(3), 147-157.
- Lloyd, R. S., Faigenbaum, A. D., Stone, M. H., Oliver, J. L., Jeffreys, I., Moody, J. A., ... Myer, G. D. (2014). Position statement on youth resistance training: the 2014 International Consensus. *British Journal of Sports Medicine*, 48(7), 1-12.
- Logan, S. W., Robinson, L. E., Wilson, A. E., & Lucas, W. A. (2012). Getting the fundamentals of movement: a meta-analysis of the effectiveness of motor skill interventions in children. *Child: Care, Health and Development*, 38(3), 305-315. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2214.2011.01307.x>
- Lopes, V. P., Maia, J. A., Silva, R. G., & Morais, F. P. (2003). Estudo do nível de desenvolvimento da coordenação motora da população escolar (6 a 10 anos de idade) da Região Autónoma dos Açores, 1-14.

- Lopes, V. P., Rodrigues, L. P., Maia, J. a. R., & Malina, R. M. (2011). Motor coordination as predictor of physical activity in childhood. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(5), 663-669.
- Lopes, Ví. P., Maia, J. A. R., Rodrigues, L. P., & Malina, R. (2012). Motor coordination, physical activity and fitness as predictors of longitudinal change in adiposity during childhood. *European Journal of Sport Science*, 12(4), 384-391. <http://doi.org/10.1080/17461391.2011.566368>
- Lubans, D. R., Morgan, P. J., Cliff, D. P., Barnett, L. M., & Okely, A. D. (2010). Fundamental movement skills in children and adolescents: review of associated health benefits. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 40(12), 1019-1035. <http://doi.org/10.2165/11536850-000000000-00000>
- Magnussen, C., Schmidt, M., Dwyer, T., & Venn, A. (2012). Muscular fitness and clustered cardiovascular disease risk in Australian youth. *European Journal of Applied Physiology*, 112(8), 3167-3171.
- Malina, R., Bouchard, C., & Bar Or, O. (2004). *Growth, Maturation and Physical Activity* (2° edition.). Champaign, IL: Human Kinetics. Recuperado a partir de <http://www.humankinetics.com/products/all-products/growth-maturationnd-physical-activity-2nd-edition>
- Malina, R. M. (2006). Weight training in youth-growth, maturation, and safety: an evidence-based review. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 16(6), 478-487. <http://doi.org/10.1097/01.jsm.0000248843.31874.be>
- Malina, R. M. (2010). Physical Activity and Health of Youth. *Ovidius University Annals, Series Physical Education & Sport/Science, Movement & Health*, 10(2), 271-277.
- Malina, R. M., Beunen, G. P., Classens, A. L., Lefevre, J., Vanden Eynde, B. V., Renson, R., ... Simons, J. (1995). Fatness and physical fitness of girls 7 to 17 years. *Obesity Research*, 3(3), 221-231.
- Malina, R. M., & Katzmarzyk, P. T. (2006). Physical activity and fitness in an international growth standard for preadolescent and adolescent children. *Food and Nutrition Bulletin*, 27(4 Suppl Growth Standard), S295-313.
- Malina, R., & Reyes, M. (1994). Relative Fat Distribution - Relationship to Skeletal Maturation, Growth Status, and Motor Fitness of Boys 8-11 Years of Age. *American Journal of Human Biology*, 6(1), 19-23. <http://doi.org/10.1002/ajhb.1310060105>
- Marrodán MD, Martínez Álvarez JR, González-Montero de Espinoza ML, López Ejeda N, Cabañas MD, Pacheco JL, ... Carmenate MM. (2011).

Estimación de la adiposidad a partir del índice cintura talla: ecuaciones de predicción aplicables en población infantil española. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 31(3), 45:51.

Marta, C., Marinho, D. A., & Marques, M. C. (2012). Physical fitness in prepubescent children: an update. *Journal of Physical Education & Sport*, 12(4), 445-457.

Martín Moreno, V., Gómez Gandoy, J. B., & Antoranz González, M. J. (2001). Medición de la grasa corporal mediante impedancia bioeléctrica, pliegues cutáneos y ecuaciones a partir de medidas antropométricas. Análisis comparativo. *Revista Española de Salud Pública*, 75(3), 221-236.

Maziekas, M. T., LeMura, L. M., Stoddard, N. M., Kaercher, S., & Martucci, T. (2003). Follow up exercise studies in paediatric obesity: implications for long term effectiveness. *British Journal of Sports Medicine*, 37(5), 425-429.

McGuigan, M. R., Tatasciore, M., Newton, R. U., & Pettigrew, S. (2009). Eight Weeks of Resistance Training Can Significantly Alter Body Composition in Children Who Are Overweight or Obese. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 80-85. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181876a56>

McKay, H. A., Petit, M. A., Schutz, R. W., Prior, J. C., Barr, S. I., & Khan, K. M. (2000). Augmented trochanteric bone mineral density after modified physical education classes: a randomized school-based exercise intervention study in prepubescent and early pubescent children. *The Journal of Pediatrics*, 136(2), 156-162.

McKenzie, T. L., Sallis, J. F., Prochaska, J. J., Conway, T. L., Marshall, S. J., & Rosengard, P. (2004). Evaluation of a two-year middle-school physical education intervention: M-SPAN. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(8), 1382-1388.

Meen, H. D., & Oseid, S. (1982). Physical activity in children and adolescents in relation to growth and development. *Scandinavian Journal of Social Medicine. Supplementum*, 29, 121-134.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The PRISMA Group. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med*, 6(7), e1000097. <http://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>

Moliner-Urdiales, D., Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Jiménez-Pavón, D., Vicente-Rodríguez, G., Rey-López, J. P., ... AVENA and HELENA Study Groups. (2010). Secular trends in health-related physical fitness in Spanish adolescents: the AVENA and HELENA studies. *Journal of Science and*

Medicine in Sport / Sports Medicine Australia, 13(6), 584-588.
<http://doi.org/10.1016/j.jsams.2010.03.004>

- Moliner-Urdiales, D., Ruiz, J. R., Vicente-Rodriguez, G., Ortega, F. B., Rey-Lopez, J. P., Espana-Romero, V., ... Moreno, L. A. (2011). Associations of muscular and cardiorespiratory fitness with total and central body fat in adolescents: The HELENA Study. *British Journal of Sports Medicine*, 45(2), 101-108. <http://doi.org/10.1136/bjism.2009.062430>
- Mond, J. M., Stich, H., Hay, P. J., Kraemer, A., & Baune, B. T. (2007). Associations between obesity and developmental functioning in pre-school children: a population-based study. *International Journal Of Obesity (2005)*, 31(7), 1068-1073.
- Morano, M., Colella, D., & Caroli, M. (2011). Gross motor skill performance in a sample of overweight and non-overweight preschool children. *International Journal of Pediatric Obesity: IJPO: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 6 Suppl 2, 42-46. <http://doi.org/10.3109/17477166.2011.613665>
- Must, A., Jacques, P. F., Dallal, G. E., Bajema, C. J., & Dietz, W. H. (1992). Long-term morbidity and mortality of overweight adolescents. A follow-up of the Harvard Growth Study of 1922 to 1935. *The New England Journal of Medicine*, 327(19), 1350-1355. <http://doi.org/10.1056/NEJM199211053271904>
- Naclerio, F. (2011). *Entrenamiento deportivo. Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes*. Médica Panamericana.
- Nader, P. R., Bradley, R. H., Houts, R. M., McRitchie, S. L., & O'Brien, M. (2008). Moderate-to-vigorous physical activity from ages 9 to 15 years. *JAMA*, 300(3), 295-305. <http://doi.org/10.1001/jama.300.3.295>
- Naylor, L. H., Watts, K., Sharpe, J. A., Jones, T. W., Davis, E. A., Thompson, A., ... Green, D. J. (2008). Resistance Training and Diastolic Myocardial Tissue Velocities in Obese Children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(12), 2027-2032. <http://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318182a9e0>
- Neel, J. V. (1962). Diabetes mellitus: a «thrifty» genotype rendered detrimental by «progress»? *American journal of human genetics*, 14(4), 353.
- Neovius, M., Linné, Y., Barkeling, B., & Rössner, S. (2004). Discrepancies between classification systems of childhood obesity. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 5(2), 105-114. <http://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2004.00136.x>

- Nichols, D. L., Sanborn, C. F., & Love, A. M. (2001). Resistance training and bone mineral density in adolescent females. *The Journal of Pediatrics*, 139(4), 494-500. <http://doi.org/10.1067/mpd.2001.116698>
- Norton, Kevin, & Olds, T. (1996). *Anthropometrica: a textbook of body measurement for sports and health courses* (1996.^a ed.). Sydney, Australia: UNSW Press.
- Nunez-Gaunard, A., Moore, J. G., Roach, K. E., Miller, T. L., & Kirk-Sanchez, N. J. (2013). Motor Proficiency, Strength, Endurance, and Physical Activity Among Middle School Children Who Are Healthy, Overweight, and Obese. *Pediatric Physical Therapy*, 25(2), 130-138. <http://doi.org/10.1097/PEP.0b013e318287caa3>
- O'Brien, T. D., Reeves, N. D., Baltzopoulos, V., Jones, D. A., & Maganaris, C. N. (2010). In vivo measurements of muscle specific tension in adults and children. *Experimental Physiology*, 95(1), 202-210. <http://doi.org/10.1113/expphysiol.2009.048967>
- OMS. (2007a). Recomendaciones para el consentimiento informado parental (OMS). Centro Interdisciplinario de Estudios en Bioética. Universidad de Chile.
- OMS. (2007b). Tablas de IMC para la edad y sexo de niños y adolescentes entre 5 a 18 años. Food and nutrition technical assistance. Recuperado a partir de http://www.fantaproject.org/sites/default/files/resources/FANTA-BMI-charts-Enero2013-ESPANOL_0.pdf
- OMS. (2012). Inactividad física: un problema de salud pública mundial. Recuperado 25 de abril de 2016, a partir de http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_inactivity/es/
- OMS. (2015). Curso de capacitación para la evaluación de crecimiento del niño. Recuperado 6 de enero de 2016, a partir de <http://www.who.int/childgrowth/training/es/>
- Ortega, F. B., Artero, E. G., Ruiz, J. R., España-Romero, V., Jiménez-Pavón, D., Vicente-Rodriguez, G., ... HELENA study. (2011). Physical fitness levels among European adolescents: the HELENA study. *British Journal of Sports Medicine*, 45(1), 20-29. <http://doi.org/10.1136/bjsm.2009.062679>
- Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., & Sjostrom, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International Journal of Obesity*, 32(1), 1-11. <http://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>

- Ortega, F. B., Silventoinen, K., Tynelius, P., & Rasmussen, F. (2012). Muscular strength in male adolescents and premature death: cohort study of one million participants. *BMJ*, *345*, 1-12. <http://doi.org/10.1136/bmj.e7279>
- Pate, R. R., Davis, M. G., Robinson, T. N., Stone, E. J., McKenzie, T. L., & Young, J. C. (2006). Promoting Physical Activity in Children and Youth A Leadership Role for Schools: A Scientific Statement From the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Physical Activity Committee) in Collaboration With the Councils on Cardiovascular Disease in the Young and Cardiovascular Nursing. *Circulation*, *114*(11), 1214-1224. <http://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.177052>
- Payne, V. G., Morrow, J. R., Johnson, L., & Dalton, S. N. (1997). Resistance training in children and youth: a meta-analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *68*(1), 80-88. <http://doi.org/10.1080/02701367.1997.10608869>
- Pedersen, B. K. (2013). Muscle as a Secretory Organ. *Comprehensive Physiology*, *3*(3), 1337-62. <http://doi.org/10.1002/cphy.c120033>
- Pedersen, B. K., & Febbraio, M. A. (2012). Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nature Reviews Endocrinology*, *8*(8), 457-465. <http://doi.org/10.1038/nrendo.2012.49>
- Pulgarón, E. R. (2013). Childhood Obesity: A Review of Increased Risk for Physical and Psychological Co-morbidities. *Clinical therapeutics*, *35*(1), A18-A32. <http://doi.org/10.1016/j.clinthera.2012.12.014>
- Ramsay, J. A., Blimkie, C. J., Smith, K., Garner, S., MacDougall, J. D., & Sale, D. G. (1990). Strength training effects in prepubescent boys. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *22*(5), 605-614.
- Ribeiro, A. S. C., David, A. C. de, Barbacena, M. M., Rodrigues, M. L., & França, N. M. de. (2012). Teste de coordenação corporal para crianças (KTK): Aplicações e estudos normativos. *Motricidade*, *8*(3), 40-51. [http://doi.org/10.6063/motricidade.8\(3\).1155](http://doi.org/10.6063/motricidade.8(3).1155)
- Riddiford-Harland, D. L., Steele, J. R., & Baur, L. A. (2006). Upper and lower limb functionality: Are these compromised in obese children? *International Journal of Pediatric Obesity*, *1*(1), 42-49. <http://doi.org/10.1080/17477160600586606>
- Rizzo, N. S., Ruiz, J. R., Hurtig-Wennlöf, A., Ortega, F. B., & Sjöström, M. (2007). Relationship of physical activity, fitness, and fatness with clustered metabolic risk in children and adolescents: the European youth heart study. *The Journal of Pediatrics*, *150*(4), 388-394. <http://doi.org/10.1016/j.jpeds.2006.12.039>

- Ruiz, J. R., Castro-Pinero, J., Artero, E. G., Ortega, F. B., Sjostrom, M., Suni, J., & Castillo, M. J. (2009). Predictive validity of health-related fitness in youth: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 43(12), 909-923. <http://doi.org/10.1136/bjism.2008.056499>
- Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Wärnberg, J., Moreno, L. A., Carrero, J. J., Gonzalez-Gross, M., ... Sjöström, M. (2008). Inflammatory proteins and muscle strength in adolescents: the Avena study. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 162(5), 462-468. <http://doi.org/10.1001/archpedi.162.5.462>
- Ruiz, J. R., Sui, X., Lobelo, F., Morrow, J. R., Jackson, A. W., Sjöström, M., & Blair, S. N. (2008). Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 337, a439.
- Runhaar, J., Collard, D. C. M., Singh, A. S., Kemper, H. C. G., van Mechelen, W., & Chinapaw, M. (2010). Motor fitness in Dutch youth: differences over a 26-year period (1980-2006). *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia*, 13(3), 323-328. <http://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.04.006>
- Russell, DG, Isaac, A, & Wilson, PG. (1989). *New Zealand Fitness Test Handbook*. Wellington, New Zealand: Department of Education.
- Sander, A., Keiner, M., Wirth, K., & Schmidtbleicher, D. (2013). Influence of a 2-year strength training programme on power performance in elite youth soccer players. *European Journal of Sport Science*, 13(5), 445-451. <http://doi.org/10.1080/17461391.2012.742572>
- Schranz, N., Tomkinson, G., & Olds, T. (2013). What is the Effect of Resistance Training on the Strength, Body Composition and Psychosocial Status of Overweight and Obese Children and Adolescents? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 43(9), 893-907.
- Schranz, N., Tomkinson, G., Parletta, N., Petkov, J., & Olds, T. (2014). Can resistance training change the strength, body composition and self-concept of overweight and obese adolescent males? A randomised controlled trial. *Br J Sports Med*, 48, 1482–1488.
- Schwimmer, J. B., Burwinkle, T. M., & Varni, J. W. (2003). Health-related quality of life of severely obese children and adolescents. *JAMA*, 289(14), 1813-1819. <http://doi.org/10.1001/jama.289.14.1813>
- Schwingshandl, J., Sudi, K., Eibl, B., Wallner, S., & Borkenstein, M. (1999). Effect of an individualised training programme during weight reduction on body composition: a randomised trial. *Archives of Disease in Childhood*, 81(5), 426-428. <http://doi.org/10.1136/ad.81.5.426>

- Scruggs, P. W., Beveridge, S. K., Eisenman, P. A., Watson, D. L., Shultz, B. B., & Ransdell, L. B. (2003). Quantifying physical activity via pedometry in elementary physical education. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(6), 1065-1071. <http://doi.org/10.1249/01.MSS.0000069748.02525.B2>
- Secchi JD, Garcia GC, España Romero V, & Castro Piñero J. (2014). Condición física y riesgo cardiovascular futuro en niños y adolescentes argentinos: una introducción de la batería ALPHA. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 112(2). <http://doi.org/10.5546/aap.2014.132>
- Shaibi, G. Q., Cruz, M. L., Ball, G. D. C., Weigensberg, M. J., Salem, G. J., Crespo, N. C., & Goran, M. I. (2006). Effects of resistance training on insulin sensitivity in overweight Latino adolescent males. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(7), 1208-1215. <http://doi.org/10.1249/01.mss.000227304.88406.0f>
- Singhal, V., Lawson, E. A., Ackerman, K. E., Fazeli, P. K., Clarke, H., Lee, H., ... Misra, M. (2014). Irisin Levels Are Lower in Young Amenorrheic Athletes Compared with Eumenorrheic Athletes and Non-Athletes and Are Associated with Bone Density and Strength Estimates. *PLoS ONE*, 9(6). <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0100218>
- Slining, M., Adair, L. S., Goldman, B. D., Borja, J. B., & Bentley, M. (2010). Infant overweight is associated with delayed motor development. *The Journal of Pediatrics*, 157(1), 20-25.e1. <http://doi.org/10.1016/j.jpeds.2009.12.054>
- Smith, J., Eather, N., Morgan, P., Plotnikoff, R., Faigenbaum, A., & Lubans, D. (2014). The Health Benefits of Muscular Fitness for Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 44(9), 1209-1223.
- Stodden, D. F., Goodway, J., Langendorfer, S. J., Robertson, M. A., Rudisill, M. E., Garcia, C., & Garcia, L. E. (2008). A developmental perspective on the role of motor skill competence in physical activity: An emergent relationship. *Quest*, 60(2), 290-306.
- Stratton, G., Jones, M., Fox, K. R., Tolfrey, K., Harris, J., Maffulli, N., ... Frostick, S. P. (2004). BASES Position Statement on Guidelines for Resistance Exercise in Young People. *Journal of Sports Science*, 22. Recuperado a partir de [http://research-information.bristol.ac.uk/en/publications/bases-position-statement-on-guidelines-for-resistance-exercise-in-young-people\(df945d4e-702c-4d87-9488-9c3949036f68\).html](http://research-information.bristol.ac.uk/en/publications/bases-position-statement-on-guidelines-for-resistance-exercise-in-young-people(df945d4e-702c-4d87-9488-9c3949036f68).html)
- Strong, W. B., Malina, R. M., Blimkie, C. J. R., Daniels, S. R., Dishman, R. K., Gutin, B., ... Trudeau, F. O. (2005). Evidence based physical activity for

school-age youth. *Journal of Pediatrics*, 146(6), 732-737.
<http://doi.org/10.1016/j.jpeds.2005.01.055>

Tomkinson, G. R., & Olds, T. S. (2007). Secular changes in pediatric aerobic fitness test performance: the global picture. *Medicine and Sport Science*, 50, 46-66. <http://doi.org/10.1159/0000101075>

Torralba, M. A., Vieira, M. B., Lleixà, T., & Gorla, J. I. (2014). Evaluación de la coordinación motora en educación primaria de Barcelona y Provincia. Recuperado a partir de <http://cdeporte.rediris.es/revista/inpress/artevaluacion696.pdf>

Tremblay, M. S., LeBlanc, A. G., Kho, M. E., Saunders, T. J., Larouche, R., Colley, R. C., ... Connor Gorber, S. (2011). Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 8, 98. <http://doi.org/10.1186/1479-5868-8-98>

Tremblay, M. S., Shields, M., Laviolette, M., Craig, C. L., Janssen, I., & Connor Gorber, S. (2010). Fitness of Canadian children and youth: results from the 2007-2009 Canadian Health Measures Survey. *Health reports*, 21(1), 7-20.

Treuth, M. S., Hunter, G. R., Figueroa-Colon, R., & Goran, M. I. (1998). Effects of strength training on intra-abdominal adipose tissue in obese prepubertal girls. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(12), 1738-1743.

Twisk, J. W., Kemper, H. C., & Van Mechelen, W. (2000). Tracking of activity and fitness and the relationship with cardiovascular disease risk factors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(8), 1455-1461.

Tyler R, Mackintosh K, Palmer A, Jones A, Brophy S, & Stratton G. (2015). Ten-year secular changes in selected health and fitness parameters of 10-11 years old Swansea School children 2003-2013. *Advances in Obesity, Weight Management & Control*, 3(5), 1-6.

UNICEF, WHO, World Bank. (2012). Levels & Trends in Child Malnutrition.

Universidad Católica Argentina, Observatorio de Deuda Social. (2014). *Insuficiente Actividad Física en la infancia: niños, niñas y adolescentes entre 5 y 17 años en la Argentina urbana*. (pp. 1-20). Universidad Católica Argentina. Recuperado a partir de <http://www.uca.edu.ar/uca/common/grupo68/files/2014-Observatorio-Boletin-2-BDSI.pdf>

US Dept of Health and Human Services. (2008). Physical Activity Guidelines for Americans. Recuperado a partir de www.health.gov/paguidelines

- Valdivia, A. B., Cartagena, L. C., Sarria, N. E., Távara, I. S., Seabra, A. F. T. e, Silva, R. M. G. da, & Maia, J. A. R. (2008). Coordinación motora: influencia de la edad, sexo, estatus socio-económico y niveles de adiposidad en niños peruanos. *Rev. bras. cineantropom. desempenho hum*, 10(1). Recuperado a partir de <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IscScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=490606&indexSearch=ID>
- Valdivia, A. B., Lara, R., Espinoza, C. B., Pomahuacre, S. Q., Ramos, G. R., Seabra, A., ... Maia, J. (2008). Prontitud coordinativa: perfiles multivariados en función de la edad, sexo y estatus socio-económico. *Rev Port Cien Desp*, 8(1), 34–46.
- Van Der Horst, K., Paw, M. J. C. A., Twisk, J. W. R., & Van Mechelen, W. (2007). A Brief Review on Correlates of Physical Activity and Sedentariness in Youth: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(8), 1241-1250. <http://doi.org/10.1249/mss.0b013e318059bf35>
- Vandendriessche, J. B., Vandorpe, B., Coelho-e-Silva, M. J., Vaeyens, R., Lenoir, M., Lefevre, J., & Philippaerts, R. M. (2011). Multivariate Association Among Morphology, Fitness, and Motor Coordination Characteristics in Boys Age 7 to 11. *Pediatric Exercise Science*, 23(4), 504-520.
- Vandorpe, B., Vandendriessche, J., Lefevre, J., Pion, J., Vaeyens, R., Matthys, S., ... Lenoir, M. (2011). The KörperkoordinationsTest für Kinder: reference values and suitability for 6-12-year-old children in Flanders. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(3), 378-388.
- Verloigne, M., Van Lippevelde, W., Maes, L., Yıldırım, M., Chinapaw, M., Manios, Y., ... De Bourdeaudhuij, I. (2012). Levels of physical activity and sedentary time among 10- to 12-year-old boys and girls across 5 European countries using accelerometers: an observational study within the ENERGY-project. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 9, 34. <http://doi.org/10.1186/1479-5868-9-34>
- Vicente-Rodríguez, G. (2006). How does exercise affect bone development during growth? *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 36(7), 561-569.
- Viciano, J., Mayorga-Vega, D., & Cocca, A. (2013). Effects of a maintenance resistance training program on muscular strength in school children. *Kinesiology*, 45(1), 82-91.
- Wang, Y., & Lobstein, T. (2006). Worldwide trends in childhood overweight and obesity. *International Journal of Pediatric Obesity: IJPO: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 1(1), 11-25.

- Watts, K., Beye, P., Siafarikas, A., Davis, E. A., Jones, T. W., O'Driscoll, G., & Green, D. J. (2004). Exercise training normalizes vascular dysfunction and improves central adiposity in obese adolescents. *Journal of the American College of Cardiology*, 43(10), 1823-1827. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2004.01.032>
- Watts, K., Jones, T. W., Davis, E. A., & Green, D. (2005). Exercise training in obese children and adolescents - Current concepts. *Sports Medicine*, 35(5), 375-392. <http://doi.org/10.2165/00007256-200535050-00002>
- Weltman, A., Janney, C., Rians, C. B., Strand, K., Berg, B., Tippitt, S., ... Katch, F. I. (1986). The effects of hydraulic resistance strength training in pre-pubertal males. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(6), 629-638.
- Williams, P. T. (2001). Physical fitness and activity as separate heart disease risk factors: a meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5), 754-761.
- Wolfe, R. R. (2006). The underappreciated role of muscle in health and disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 84(3), 475-482.
- World Health Organization. (2010). *Global Recommendations on Physical Activity for Health*. Geneva: World Health Organization. Recuperado a partir de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK305057/>
- World Health Organization. (2014). Obesity and overweight. Recuperado 11 de enero de 2016, a partir de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>
- Yu, C. C. W., Sung, R. Y. T., So, R. C. H., Lui, K.-C., Lau, W., Lam, P. K. W., & Lau, E. M. C. (2005). Effects of strength training on body composition and bone mineral content in children who are obese. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 19(3), 667-672. <http://doi.org/10.1519/14994.1>
- Zametkin, A. J., Zoon, C. K., Klein, H. W., & Munson, S. (2004). Psychiatric aspects of child and adolescent obesity: a review of the past 10 years. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 43(2), 134-150. <http://doi.org/10.1097/00004583-200402000-00008>
- Zhu, Y.-C., Wu, S. K., & Cairney, J. (2011). Obesity and motor coordination ability in Taiwanese children with and without developmental coordination disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 32(2), 801-807. <http://doi.org/10.1016/j.ridd.2010.10.020>

VI. ANEXOS

VI.1. Anexo 1.

A. Inscripción del Meta-análisis en el Registro Internacional Prospectivo de Revisiones Sistemáticas, PROSPERO.

UNIVERSITY *of York*
Centre for Reviews and Dissemination


National Institute for
Health Research

PROSPERO International prospective register of systematic reviews

**Effectiveness of muscular fitness training on adiposity and motor performance skills
in children and the young: a meta-analysis**

Fernando Naclerio, Adrian Casas, Christian Martin Garcia, Eneko Larumbe-Zabala

Citation

Fernando Naclerio, Adrian Casas, Christian Martin Garcia, Eneko Larumbe-Zabala. Effectiveness of muscular fitness training on adiposity and motor performance skills in children and the young: a meta-analysis. PROSPERO 2016:CRD42016032650 Available from http://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO_REBRANDING/display_record.asp?ID=CRD42016032650

B. Fundamento del meta-análisis.

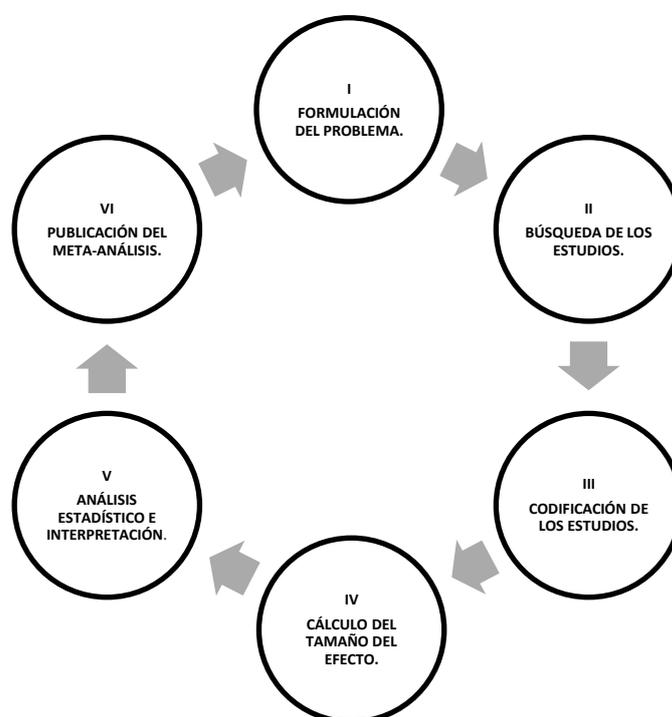
Las revisiones sistemáticas y, en especial, los meta-análisis son un tipo de investigación científica que tiene como propósito integrar de forma objetiva y sistemática los resultados de los estudios empíricos sobre un determinado problema de investigación (Meca, 2010).

Las revisiones sistemáticas de la literatura científica son estudios pormenorizados, selectivos y críticos que tratan de analizar e integrar la información esencial de los estudios primarios de investigación sobre un problema específico, en una perspectiva de síntesis unitaria de conjunto (Guerra, Muñoz, & Santos, 2003). El Centro Cochrane agrega que la agrupación de esos estudios debe reunir criterios de elegibilidad previamente establecidos (Manual Cochrane, 2011). Además, se emplea una metodología sistemática que pretende reducir los sesgos dándole mayor validez interna a la revisión. Cuando los resultados de los trabajos revisados pueden ser combinados razonablemente, aplicándose una síntesis estadística cuantitativa para obtener una estimación combinada de los efectos descritos en los estudios individuales, el proceso recibe la denominación de meta-análisis. En el ámbito de las ciencias de la salud, la educación y las ciencias sociales, el meta-análisis se está aplicando para responder a preguntas de diversa índole, una de las más comunes es para evaluar la eficacia de programas e intervenciones para resolver problemas educativos, de salud o sociales (Meca, 2010).

En este proceso es muy importante tener presente la calidad y el nivel de evidencia de los estudios tratados ya que ambas difieren según el diseño del estudio y otras características, dando lugar a diferentes grados de evidencia (Marzo Castillejo & Viana Zulaica, 2007). Además, la realización de un meta-análisis se concreta a través de diferentes fases o etapas (Emparanza & Urreta, 2005). A continuación se citan los niveles de evidencia y se esquematizan las fases del meta-análisis.

Niveles de evidencia SIGN (Harbour & Miller, 2001).

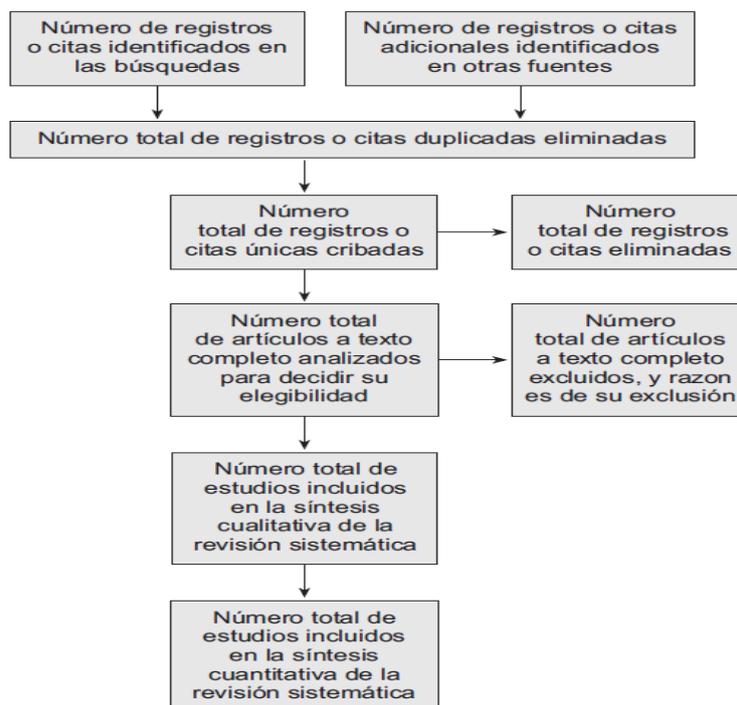
1++	Meta-análisis, revisiones sistemáticas de ensayos clínicos de alta calidad con muy poco riesgo de sesgo.
1+	Meta-análisis, revisiones sistemáticas de ensayos clínicos o ensayos clínicos bien realizados con poco riesgo de sesgo.
1-	Meta-análisis, revisiones sistemáticas de ensayos clínicos o ensayos clínicos con alto riesgo de sesgo.
2++	Revisiones sistemáticas de estudios de cohorte o de casos y controles o estudios de pruebas diagnósticas de alta calidad, estudios de cohortes o de casos y controles de pruebas diagnósticas de alta calidad con riesgo muy bajo de sesgo y con alta probabilidad de establecer una relación causal.
2+	Estudios de cohortes o de casos y controles o estudios de pruebas diagnósticas bien realizadas con bajo riesgo de sesgo y con una moderada probabilidad de establecer relación causal.
2-	Estudios de cohortes o de casos y controles con alto riesgo de sesgo.
3	Estudios no analíticos como informes de casos y series de casos.
4	Opinión de expertos.

**Fases o etapas del meta-análisis.**

I- Formulación del problema. Como en cualquier investigación empírica es necesario plantearse cuál es el problema a investigar. Este primer paso nos conducirá a los objetivos que se pretenden alcanzar con el meta-análisis (Meca, 2010).

II- Búsqueda de los estudios. Esta fase consiste en definir cuáles serán los criterios de inclusión y exclusión para los estudios y en localizar aquellos que hayan abordado la pregunta de nuestra investigación. Entre los criterios más comunes se pueden citar: a) tipo o diseño de estudio; b) programa o intervención a investigar; c) características de los participantes; d) unidades de medida empleadas para las variables analizadas; e) idioma en que están publicados los estudios; f) datos estadísticos necesarios para poder calcular los tamaños del efecto; g) rango temporal que se pretende examinar; etc. Posteriormente se realiza la búsqueda de los estudios en fuentes formales e informales. Las bases de datos bibliográficas electrónicas como: PubMed; Medline Plus; Scopus; SPORTDiscus; Cochrane Library; CINAHL; Web of Science; etc., son el primer lugar de búsqueda. Otras fuentes formales son las revistas electrónicas relacionadas con el tema investigado y la revisión de las referencias en los estudios que se van encontrando. Mientras que las fuentes informales de búsqueda están relacionadas con la consulta a expertos de reconocido prestigio en el tema para solicitarles estudios no publicados; la búsqueda en actas de congresos, tesis doctorales y otras estrategias que permiten acceder a la denominada “literatura gris” o “literatura fugitiva”(Rothstein& Hopewell, 2009). La búsqueda debe ser lo más amplia posible a efectos de reducir el sesgo de publicación de los artículos, al finalizarla se construye un diagrama de flujo de la información que describe esta fase de búsqueda, identificación y selección de los estudios.

III- Codificación de los estudios. Esta fase se ocupa de codificar las características de los estudios para poder comprobar cuáles de ellas pueden estar afectando o moderando los resultados, nos permitirá explicar por qué los estudios sobre un mismo tema alcanzan resultados diferentes o contradictorios (Meca, 2010). Se elabora un registro de variables moderadoras de los estudios y se aplica a todos ellos. De acuerdo a la procedencia conceptual se identifican características metodológicas, sustantivas y extrínsecas.

Diagrama de flujo (Urrútia & Bonfill, 2010)**Variables moderadoras de los estudios (Meca, 2010)**

Variables.	Características.
Metodológicas.	Son aquéllas relacionadas con el tipo de diseño(experimental o cuasi-experimental); tipo de grupo control(placebo o control puro); la inclusión o no de medidas pretest; el tamaño muestral; etc.
Sustantivas.	Son las variables relacionadas con el objeto de estudio del meta-análisis. Para evaluar la eficacia de una intervención, por ejemplo, se analizan las características del programa, de los participantes y del contexto.
Extrínsecas.	Son aquéllas que no tendrían que afectar los resultados de los estudios ya que no tienen que ver con el método científico, por ejemplo: año de realización de los estudios, fuente de publicación de los mismos, formación del investigador principal, etc.

IV- Cálculo del tamaño del efecto. El tamaño del efecto es un índice estadístico que mide el grado en el que difieren los estudios que se están integrando, por lo tanto, se puede definir como cualquier medida estadística que evidencia el grado con el que un evento dado está presente en la muestra

(Cohen J, 1988). Este estadístico al calcularse debe poder homogeneizar a todos los estudios en la misma unidad de medida de forma tal que los resultados puedan integrarse en una métrica estandarizada. Se han propuesto varios índices estadísticos para calcular el tamaño del efecto, dependiendo de los objetivos del investigador y del tipo de variable que se esté analizando. Uno de ellos es el índice propuesto por Cohen denominado índice de la familia d , que es utilizado cuando se estima el tamaño del efecto en variables continuas, se calcula de la siguiente manera:

$$d = c(m) \frac{\bar{y}_t - \bar{y}_c}{S}$$

Donde \bar{y}_t es la media del grupo tratado, \bar{y}_c es la media del grupo control, y S es la desviación conjunta de los dos grupos que se calcula:

$$S = \sqrt{\frac{(n_t - 1)S_t^2 + (n_c - 1)S_c^2}{n_t + n_c - 2}}$$

Donde n_t es el tamaño muestral del grupo tratado, n_c es el tamaño muestral del grupo control, S_t^2 es la desviación estándar al cuadrado del grupo tratado y S_c^2 es la desviación estándar al cuadrado del grupo control. Por último, $c(m)$ es un factor de corrección para muestras pequeñas que se calcula:

$$c(m) = 1 - \frac{3}{4N - 9}$$

Donde $N = n_t + n_c$.

En el caso de que los estudios analizados utilicen medidas de pre-test y post test en el grupo control y el grupo tratado, se debe calcular la diferencia de medias de cada grupo, siendo la diferencia de medias del grupo tratado:

$$\delta_t = \frac{\mu_{t,post} - \mu_{t,pre}}{\sigma}$$

Donde $\mu_{t,post}$ es la media de las medidas post-test del grupo tratado, $\mu_{t,pre}$ es la media de las medidas de pretest del grupo tratado, y σ es el desvío estándar pre-test del grupo tratado. Y la diferencia de medias del grupo Control:

$$\delta_c = \frac{\mu_{c,post} - \mu_{c,pre}}{\sigma}$$

Donde $\mu_{c,post}$ es la media de las medidas de posttest del grupo control, $\mu_{c,pre}$ es la media de las medidas pretest del grupo control y σ es el desvío estándar pretest del grupo control.

En este caso, se utilizó el siguiente estadístico para calcular la diferencia de medias conjunta (Becker B J, 1988; Carlson & Schmidt, 1999; Morris & DeShon, 2002):

$$d_{ppc=c_p} \left[\frac{(M_{post,t} - M_{pre,t}) - (M_{post,c} - M_{pre,c})}{SD_p} \right]$$

Donde $M_{post,t}$ es la media del grupo tratado post-test, $M_{pre,t}$ es la media del grupo tratado pretest, $M_{post,c}$ es la media del grupo control post-test, $M_{pre,c}$ es la media del grupo control pretest, y SD_p (Carlson & Schmidt, 1999; Morris SB, 2003) es el desvío estándar conjunto de los dos grupos que se calcula:

$$SD_p = \sqrt{\frac{(n_t - 1)SD_{pre,t}^2 + (n_c - 1)SD_{pre,c}^2}{n_t + n_c - 2}}$$

Siendo n_t el tamaño muestral del grupo tratado, n_c el tamaño muestral del grupo control, $SD_{pre,t}^2$ el desvío estándar pretest del grupo tratado elevado al cuadrado y $SD_{pre,c}^2$ el desvío estándar pretest del grupo control elevado al cuadrado.

Por último, se aplica el factor de corrección para muestras pequeñas c_p que se calcula (Hedges LV, 1981):

$$c_p = 1 - \frac{3}{4(n_t + n_c - 2) - 1}$$

Luego de calcular la diferencia de medias de cada unidad de análisis, se procedió al cálculo del tamaño del efecto medio utilizando el modelo de efectos fijos:

$$T_i = \mu_\theta + \varepsilon_i$$

Este modelo implica un factor de ponderación para cada estimación del tamaño del efecto por la inversa de la varianza intra-estudio:

$$w_i = \frac{1}{V(T_i)}$$

Y el modelo de efectos aleatorios:

$$T_i = \mu_\theta + \mu_i + \varepsilon_i$$

Siendo su factor de ponderación:

$$w_i = \frac{1}{[V(T_i) + \tau^2]}$$

Mientras que en el primer modelo se contempla solamente la variabilidad intra-estudio en el segundo se asume tanto la variabilidad intra-estudios como entre estudios, esto permite generalizar los resultados a una mayor población (Sánchez Meca J, Marín Martínez F, & Huedo Medina, T, 2006).

IV- Análisis estadístico e interpretación. Concluida la fase anterior, se informatiza toda la información creando una base de datos en la cual en las filas se ubican los estudios y en las columnas las variables moderadoras y el tamaño del efecto de cada estudio (Meca, 2010). También se realiza una descripción con las características de los estudios codificados. El análisis estadístico típico del meta-análisis pasa por tres fases: (1) cálculo del tamaño medio con su intervalo de confianza y valoración de su significación estadística; (2) análisis de la heterogeneidad de los tamaños del efecto y, (3) si los tamaños

son heterogéneos, búsqueda de variables moderadoras de la variabilidad (Lipsey & Wilson, 2001; Marín Martínez, Sánchez Meca, & López López, 2009).

V- Publicación del meta-análisis.

VI.2. Anexo 2.

A. Aprobación del Comité de Ética.



**Secretaría de Posgrado.
Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación.
Universidad Nacional de La Plata.**

Los abajo firmantes, integrantes del Comité Asesor de Investigación y Ética, conformado "ad hoc" para la evaluación del protocolo "Estudio de las relaciones entre la aptitud muscular, coordinación motriz general y adiposidad corporal de niños escolares de 6 a 9 años", a cargo del Lic. Ángel Adrián Casas, dejan constancia que luego de haber analizado la documentación presentada en relación al mismo, no se encuentran reparos éticos y por lo tanto se aprueba el presente protocolo.....

La Plata, 3 de marzo de 2015.


Dr. Roberto M. Feidro
Médico Cardiólogo
MN 43697


Dr. Ricardo Crisorio
Director CICES
UNLP


Dr. Sebastián Varela
Metodología de la Investigación
UNLP

B. Planilla de autorización parental.

AUTORIZACIÓN. CONSENTIMIENTO INFORMADO.

El que suscribe.....
en calidad de (**madre / padre / tutor**) deja constancia que ha leído la hoja de información que acompaña este documento y la ha comprendido en todos sus términos. Considerando que ha sido suficientemente informado respecto a los objetivos, alcances y desarrollo del proyecto de investigación “*Estudio de las relaciones entre el tamaño corporal, la aptitud muscular y la coordinación motriz general en niños escolares de 6 a 9 años*”, para el que se ha pedido la colaboración y participación de su/s hijo/s.....

Comprendo que la participación es voluntaria y que el niño/a mencionado puede retirarse del mismo si así lo desea.

Por todo lo cual PRESTO EL CONSENTIMIENTO para la participación en el Proyecto de Investigación al que este documento hace referencia.

MAR DEL PLATA, 10 de marzo de 2015

.....
(Firma y Aclaración)

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

“Estudio de las relaciones entre tamaño corporal, aptitud muscular y coordinación motriz general de niños escolares de 6 a 9 años”.

En el marco de un interés común Institucional entre las autoridades educativas del CADS y la Carrera de Posgrado de Especialista en Evaluación y Programación del Ejercicio, de la Universidad Nacional de la Plata, se desarrolla la presente investigación.

Fundamentos y descripción del estudio.

Las actividades cotidianas de los niños han cambiado drásticamente en las últimas décadas, el movimiento, la actividad al aire libre y los juegos motrices han sido desplazados y reemplazados por conductas sedentarias. Los actuales informes epidemiológicos indican que los niños no están siendo tan activos como deberían serlo, observándose una reducción significativa de su actividad motora desde edades muy tempranas (6 años) asociada con el desarrollo de hábitos de vida sedentarios, así como una falta de confianza y motivación por la realización de actividades físicas (Faigenbaum et al. 2011). Este “nuevo” estilo de vida está relacionado con el origen de diferentes enfermedades crónicas (Dietz, 1998; Must et al. 1999) y el crecimiento del sobrepeso y la obesidad de modo alarmante, con consecuencias y proyecciones drásticas. El descenso de la actividad física y del ejercicio en los niños creció en paralelo con la prevalencia de obesidad infantil (Brownson et al. 2005). Diferentes estudios analizaron los efectos y beneficios de la actividad física y del ejercicio en estas poblaciones y otros se enfocaron en estudiar el impacto del desarrollo de la aptitud física y de las habilidades relacionadas con el dominio motriz (Henderson y Sugden, 1992; Wrotniak et al. 2006; Haga, 2008; Lubans et al. 2010; Runhaard et al. 2010; Hardy et al. 2012; otros), *los resultados indicaron que los niños con menor dominio motriz presentan mayor riesgo para desarrollar bajos niveles de aptitud física y ello incide negativamente en su desarrollo orgánico, social, afectivo, educativo y cognitivo.* Sin embargo, hasta el momento no conocemos estudios que hayan investigado la influencia de los

distintos componentes de la aptitud física sobre el rendimiento motriz, tampoco la incidencia específica del entrenamiento del sistema neuromuscular sobre el mismo. A pesar de que muchos estudios han destacado los efectos positivos de los ejercicios de fuerza muscular sobre el rendimiento y la salud de los niños en edad escolar (Academia Americana de Pediatría, 2008; Faigenbaum, 2007; Colegio Americano de Medicina del Deporte, 2010), hasta el momento no existe un consenso acerca del grado de influencia de estas capacidades en el rendimiento motriz. Debido a estas consideraciones, en este proyecto de investigación nos proponemos estudiar y dilucidar tales relaciones.

Actividades.

Se realizarán las siguientes evaluaciones antropométricas y funcionales a los niños de 1° a 3° grado del CADS:

- Peso; Talla; Medición del pliegue tricípital; Circunferencia de cintura y diversos índices.
- Lanzamiento de Medicine Ball; Salto en longitud sin carrera; Fuerza abdominal; Test de Coordinación KTK (4 pruebas).
- Respuesta a CUESTIONARIO domiciliario (con ayuda de madre; padre o tutor) sobre niveles de actividad física.

Estas evaluaciones se desarrollarán durante la primera quincena de abril y se repetirán en la primera quincena de julio (antes del receso invernal).

Entre la segunda quincena de abril y la primera semana de julio, un grupo seleccionado al azar, equivalente al 50% de la totalidad de los niños, realizará un bloque de ejercicios neuromusculares y de velocidad, de 20 minutos en la parte inicial de la clase de Educación Física. Las evaluaciones finales tienen por intención valorar la magnitud del efecto de estos ejercicios neuromusculares.

Todas las evaluaciones se realizarán en el ámbito educativo del CADS, con la participación y presencia de los Profesores de Educación Física responsables de los diferentes grupos.

Preguntas e información.

El investigador responsable del proyecto y las autoridades del CADS se encuentran a disposición para responder preguntas y brindar todo tipo de información relacionada con este proyecto.

Protección de datos.

La totalidad de los datos de carácter personal serán tratados con absoluta reserva y confidencialidad.

La participación en este proyecto de investigación es voluntaria y el alumno podrá retirarse del mismo en el momento en que lo decida.

.....
Prof. Adrián Casas
Universidad Nacional de La Plata

.....
Director del
Colegio Atlántico del Sud

CUESTIONARIO INTA. Puntaje de actividad física.

Nombre y Apellido:

Grado: Sección: Turno:

Firma
(Madre/ Padre/ Responsable)

I Acostado (h/día) ¹		Puntos				
a) Durmiendo de noche	_____				<8 h	= 2
b) Siesta en el día	+ _____	=	_____	<input type="checkbox"/>	8-12 h	= 1
					>12 h	= 0
II Sentado (hrs/día) ¹						
a) En clase	_____					
b) Tareas escolares, leer, dibujar	+ _____					
c) En comidas	+ _____				<6 h	= 2
d) En auto o transporte	+ _____			<input type="checkbox"/>	6-10 h	= 1
e) TV+PC+ Video juegos	+ _____	=	_____		>10 h	= 0
III Caminando (cuadras/día) ¹						
Hacia o desde el colegio o a cualquier lugar rutinario		_____		<input type="checkbox"/>	>15 cdas	= 2
					5-15 cdas	= 1
					<5 cdas	= 0
IV Juegos al aire libre (min/día) ¹						
Bicicleta, pelota, correr etc.		_____		<input type="checkbox"/>	>60 min	= 2
					30-60 min	= 1
					<30 min	= 0
V Ejercicio o deporte programado (h/sem)						
a) Educación física	+ _____				>4 h	= 2
b) Deportes programados	+ _____	=	_____	<input type="checkbox"/>	2-4 h	= 1
					<2 h	= 0
Puntaje total de AF				<input type="checkbox"/>		

D. Planillas para las evaluaciones. Ejemplos.**EVALUACIONES ANTROPOMÉTRICAS.**

Turno: Grado: División: Fecha: Horario:
Ausentes:

Nombre y Apellido	Fecha de nacimiento	Estatura	Peso	IMC	Circunferencia de cintura	Pliegue Tricipital	ICE

EVALUACIONES DE APTITUD MUSCULAR.

Turno: Grado: División: Fecha: Horario:
Ausentes:

Nombre y Apellido	Lanzamiento de balón medicinal (LBM)	Salto en longitud sin carrera (SL)

EVALUACIÓN DE COORDINACIÓN MOTRIZ GENERAL (KTK)

Turno: **Grado:** **División:** **Fecha:** **Horario:**
Ausentes:

Nombre y Apellido	ECA			SM	SLC	TL	CM
	B1	B2	B3	(D/I)	15SEG.	20SEG.	

VI.3. Anexo 3. Análisis estadísticos complementarios de los tres estudios.

A. Estudio 1. Funnel Plot para IMC; Grasa corporal; Lanzamiento de balón medicinal y Saltabilidad.

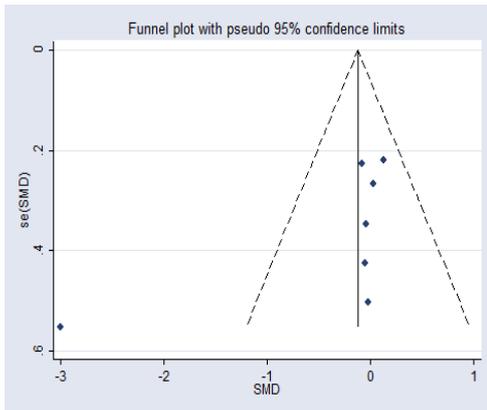


Figura 9. Funnel Plot IMC.

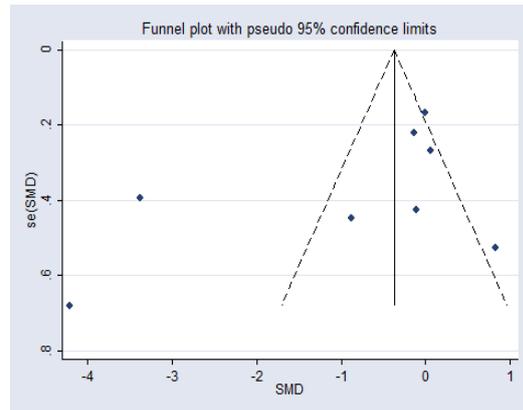


Figura 10. Funnel Plot Grasa corporal

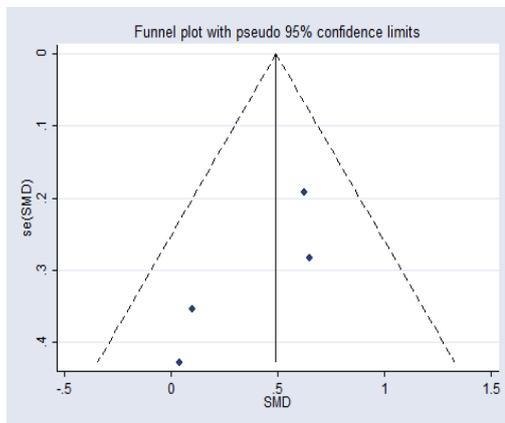


Figura 11. Funnel Plot Lanzamiento de balón medicinal.

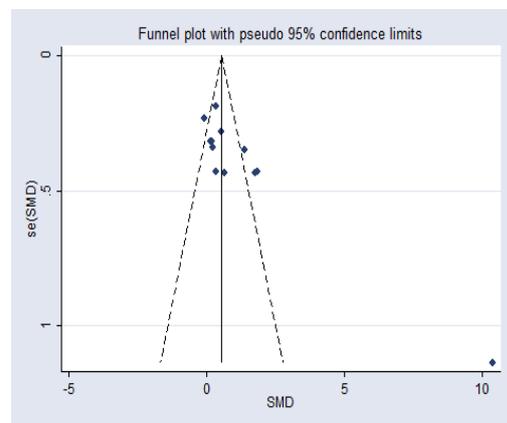


Figura 12. Funnel Plot Saltabilidad

Tabla 2. Riesgo de sesgo de los estudios incluidos.

Estudio	Generación de la secuencia	Ocultamiento de la asignación	Cegamiento de los participantes y del personal	Cegamiento de los evaluadores	Notificación de datos incompletos	Notificación selectiva	Total (-6 a 6)
Benson et al. (2008)	1	1	1	1	1	1	6
Davis et al. (2009a)	1	1	1	1	1	-1	4
Davis et al. (2009b)	1	1	1	1	1	-1	4
Faigenbaum et al. (1993)	0	1	1	1	-1	0	2
Faigenbaum et al. (1996)	0	1	0	1	-1	1	2
Faigenbaum et al. (2002)	0	1	0	1	-1	0	1
Faigenbaum et al. (2005)	0	1	1	1	-1	0	2
Faigenbaum et al. (2006)	0	1	1	1	-1	0	2
Faigenbaum et al. (2011)	0	1	1	1	-1	0	2
Faigenbaum et al. (2015)	0	1	1	1	-1	0	2
Falk et al. (1996)	0	1	1	1	-1	-1	1
Flanagan et al. (2002)	0	1	1	1	-1	1	3
Ingle et al. (2006)	1	1	1	1	0	0	4
Kotzamanidis et al. (2006)	0	1	1	1	-1	-1	1
Lee et al. (2012)	1	1	1	1	1	-1	4
McKay et al. (2000)	0	1	1	1	-1	-1	1
Nichols et al. (2001)	0	1	1	1	-1	-1	1
Schranz et al. (2014)	1	1	1	1	-1	-1	2
Shaibi et al. (2006)	1	1	1	1	-1	0	3
Treuth et al. (1998)	0	1	1	1	-1	-1	1
Viciano et al. (2013)	0	1	1	1	-1	-1	1
Yu et al. (2005)	0	1	1	1	-1	-1	1

B. Estudio 2.**Tabla 5.** Diferencia de medias en cociente motor según aptitud muscular.

	AM		
	Baja	Media	Alta
Media	69.5	86.8	103.7
Desv. típico	20.60	30.19	28.54
N	77 (23%)	175 (52%)	83 (25%)
F=33.85; p<0.001			

Brown–Forsythe test. All the pairwise mean comparisons using Games-Howell post-hoc test were statistically significant ($p<0.05$).

Tabla 6. Diferencia de medias en cociente motor según índice de masa corporal.

	IMC		
	Normopeso	Sobrepeso	Obesidad
Media	91.3	78.2 ^{ob}	74.1
Desv. típico	30.85	27.85	19.77
N	237 (71%)	70 (21%)	26 (8%)
F= 8.09; p<0.001			

All the pairwise mean comparisons using Tukey post-hoc test were statistically significant ($p<0.05$), except for superscript letter.

Tabla 7. ANOVA factorial. Pruebas de los efectos inter-sujetos.

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial
Modelo corregido	8.665	8	1.083	11.183	0.000	0.216
Intersección	2516.363	1	2516.363	25982.064	0.000	0.988
IMC	0.932	2	0.466	4.811	0.009	0.029
AM	2.696	2	1.348	13.916	0.000	0.079
IMC*AM	0.301	4	0.075	0.778	0.540	0.010
Error	31.379	324	0.097			
Total	6514.430	333				
Total corregida	40.044	332				

R cuadrado = 0.216. Variable dependiente: Cociente motor.

Tabla 8. Regresión lineal múltiple. Coeficientes.

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
(Constante)	6.082	0.485		12.544	0.000
IMC	-0.626	0.133	-0.212	-4.726	0.000
AM	0.116	0.012	0.598	9.905	0.000
Edad	0.007	0.181	0.002	0.036	0.971
Género	0.130	0.032	0.187	4.031	0.000

R cuadrado = 0.36. Variable dependiente: Cociente motor

C. Estudio 3.

Tabla 11. ANCOVA. Prueba de los efectos inter-sujetos.

Variable dependiente: Diferencia en lanzamiento del balón medicinal.

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial
Modelo corregido	49189.910 ^a	4	12297.477	9.410	0.000	0.101
Intersección	908.579	1	908.579	0.695	0.405	0.002
EDAD	1523.854	1	1523.854	1.166	0.281	0.003
GRUP	38447.904	1	38447.904	29.422	0.000	0.081
sexodummy	4511.053	1	4511.053	3.452	0.064	0.010
GRUP * sexodummy	2444.464	1	2444.464	1.871	0.172	0.006
Error	439080.888	336	1306.788			
Total	857428.936	341				
Total corregida	488270.797	340				

a. R cuadrado = 0.101 (R cuadrado corregida = 0.090)

Tabla 12. ANCOVA. Prueba de los efectos inter-sujetos
Variable dependiente: Diferencia en salto en longitud sin carrera.

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial
Modelo corregido	10501.294 ^a	4	2625.323	12.279	0.000	0.133
Intersección	4257.969	1	4257.969	19.915	0.000	0.058
EDAD	1799.304	1	1799.304	8.416	0.004	0.026
GRUP	7702.662	1	7702.662	36.026	0.000	0.101
SEXO	643.364	1	643.364	3.009	0.084	0.009
GRUPO *SEXO	59.991	1	59.991	0.281	0.597	0.001
Error	68631.847	321	213.806			
Total	120699.155	326				
Total corregida	79133.140	325				

a. R cuadrado = 0.133 (R cuadrado corregida = 0.122)

Tabla 13. ANCOVA. Prueba de los efectos inter-sujetos. Variable dependiente: Diferencia en cociente motor

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta al cuadrado parcial
Modelo corregido	18624.597 ^a	4	4656.149	9.316	0.000	0.100
Intersección	218.868	1	218.868	0.438	0.509	0.001
EDAD	3741.566	1	3741.566	7.486	0.007	0.022
GRUP	14733.291	1	14733.291	29.480	0.000	0.081
SEXO	21.944	1	21.944	0.044	0.834	0.000
GRUP * SEXO	76.943	1	76.943	0.154	0.695	0.000
Error	167925.394	336	499.778			
Total	352299.657	341				
Total corregida	186549.991	340				

a. R cuadrado = 0.100 (R cuadrado corregida = 0.089)