



REVISIÓN

¿Por qué es importante desarrollar la competencia motriz en la infancia y la adolescencia? Base para un estilo de vida saludable



Azahara Fort-Vanmeerhaeghe^{a,b,*}, Blanca Román-Viñas^{a,b} y Raquel Font-Lladó^a

^a *Escola Universitària de la Salut i l'Esport (EUSES), Universitat de Girona, Salt, Spain*

^b *Facultat de Psicologia, Ciències de l'Educació i l'Esport Blanquerna, Universitat Ramon Llull, Barcelona, Spain*

Recibido el 12 de septiembre de 2016; aceptado el 7 de noviembre de 2016

Disponible en Internet el 26 de enero de 2017

PALABRAS CLAVE

Competencia motriz;
Actividad física
saludable;
Educación física;
Trabajo
neuromuscular
integrado

Resumen La competencia motriz (CM) es la manifestación de la habilidad motriz (HM) como respuesta contextualizada. La CM contribuye a que los jóvenes dispongan de un mayor repertorio de opciones motrices en la que se sientan competentes. En sentido opuesto, la incompetencia motriz puede llevar a una inhibición o inactividad progresiva que a la vez genera más incompetencia y menos adherencia a la actividad física (AF) en la infancia y la edad adulta.

La evidencia científica muestra cómo la inclusión de AF orientada a la vivencia de experiencias ricas en HM, desarrollada por especialistas en educación física, favorecen el desarrollo de la CM en los jóvenes.

A su vez, existen evidencias de que el trabajo neuromuscular integrado mejora la salud y el rendimiento de las HM.

En esta línea, el presente trabajo tiene un enfoque triple: (a) definir la relación entre la CM y la práctica de AF saludable (b) justificar la necesidad de establecer un diagnóstico para el desorden por déficit de ejercicio, y (c) proponer el trabajo neuromuscular integrado como metodología para mejorar la condición física y la CM de los niños y adolescentes.

© 2016 FC Barcelona. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

* Autora para correspondencia.

Correo electrónico: afortvan@gmail.com (A. Fort-Vanmeerhaeghe).

KEYWORDS

Motor competence;
Healthy physical
activity;
Physical education;
Integrative
neuromuscular
training

Why is it important to develop motor competence in childhood and adolescence? The basis for a healthy lifestyle

Abstract Motor competence (MC) is the contextualised manifestation of fundamental motor skills (FMS). A good MC helps young people have a greater repertoire of motor options in which they feel competent to decide on their lifestyle. On the other hand, motor incompetence can lead to inhibition or progressive inactivity, which in turn generates more incompetence and fewer adherences to physical activity (PA) in childhood and adulthood.

A recent meta-analysis indicated that the inclusion of PA programs oriented to participate in rich experiences in FMS, developed by specialists in physical education, increase the development of MC in young people.

In turn, the evidence shows that the integrated neuromuscular training improves health and performance of FMS.

In this context, the present work analyses three approaches: (a) to define the relationship between MC and healthy PA, (b) to justify the need to establish a diagnosis for exercise deficit Disorder, and (c) to propose integrated neuromuscular training (INT) as a methodology to improve physical fitness and MC in children and adolescents.

© 2016 FC Barcelona. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

La inactividad física (AF) ha sido identificada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como el cuarto factor de riesgo de mortalidad después de la hipertensión arterial, el consumo de tabaco y los altos niveles de glucosa en sangre. En la misma línea, el sobrepeso y la obesidad, manifestaciones secundarias de la inactividad física, aumentan la probabilidad de ciertas enfermedades y son responsables de un 5% de la mortalidad mundial¹.

Actualmente existe consenso en la literatura científica al apuntar que la AF regular durante la infancia y la adolescencia es uno de los medios más eficaces para mejorar y preservar la salud de los jóvenes y adultos. El aumento de la condición física en la juventud, concretamente la capacidad cardiorrespiratoria y la fuerza muscular, han demostrado mejorar los perfiles de riesgo de padecer enfermedades metabólicas, aumentar la densidad mineral ósea, reducir los síntomas de depresión², mejorar el bienestar emocional, social y cognitivo del niño^{3,4}, y también, aumentar la competencia motriz⁵.

Pese a las evidencias descritas, la sociedad actual se caracteriza por bajos niveles de AF durante la juventud^{6,7}. Con el objetivo de identificar los niveles deficitarios de AF en jóvenes, algunos autores utilizan el término desorden por déficit de ejercicio (DDE). El DDE es el término utilizado para describir los déficits de AF saludable, inducidos por niveles bajos de ejecución de ejercicio físico de forma regular durante la juventud⁸⁻¹⁰.

Por otro lado, encontramos evidencias que apuntan que la CM, entendida como la capacidad de contextualizar las habilidades motrices para dar respuestas a problemas deportivos o cotidianos, incide en una mejora de la condición física saludable a medio y largo plazo¹¹⁻¹³.

Aceptando la evidencia que ilustra la necesidad de aumentar la AF en la infancia y la adolescencia, y la relación que se establece entre la CM y la condición física saludable,

nos cuestionamos: ¿Qué relación existe entre los déficits de CM en la infancia, y un estilo de vida, a corto y largo plazo, que incorpore la AF? ¿Existen métodos válidos y fiables para la detección del DDE? ¿El refuerzo de la CM, en la infancia y la adolescencia, a través de un trabajo neuromuscular integrado (TNI) podría ser la clave para promover un estilo de vida saludable a lo largo de toda la vida?

El presente trabajo tiene un enfoque triple: 1) Definir la relación entre la CM y la práctica de AF saludable, 2) Justificar la necesidad de establecer un diagnóstico para el DDE) y 3) Proponer el TNI como metodología para mejorar la condición física y la CM de los niños y adolescentes.

Competencia motriz: prevención del desorden por déficit de ejercicio. Hacia un estilo de vida saludable

Desarrollo de la competencia motriz

La CM es descrita y definida por varios autores¹³⁻¹⁵. En este artículo, se entiende como la gestión y manifestación de la habilidad motriz (HM) como respuesta contextualizada. Ante un contexto, el sujeto debe valorar la calidad de su repertorio motriz para resolver, de forma eficaz y eficiente, problemas que le plantea el entorno cotidiano o deportivo. Por ejemplo, el salto vertical es la HM que permitirá al sujeto ser competente en la resolución de múltiples situaciones: coger un rebote de básquet en una situación 1 × 1 de ataque, ejecutar un bloqueo de voleibol en un contexto 1 × 2 de defensa, superar un obstáculo que está en su camino mientras se pasea por el monte. . . aunque la perfecta ejecución de la habilidad motriz no asegura ser competente en todas las situaciones en las que la respuesta teórica es el salto vertical. De hecho, la eficacia también depende de la decisión tomada al respecto, de cómo se adapta la habilidad y de la capacidad para adaptarla.

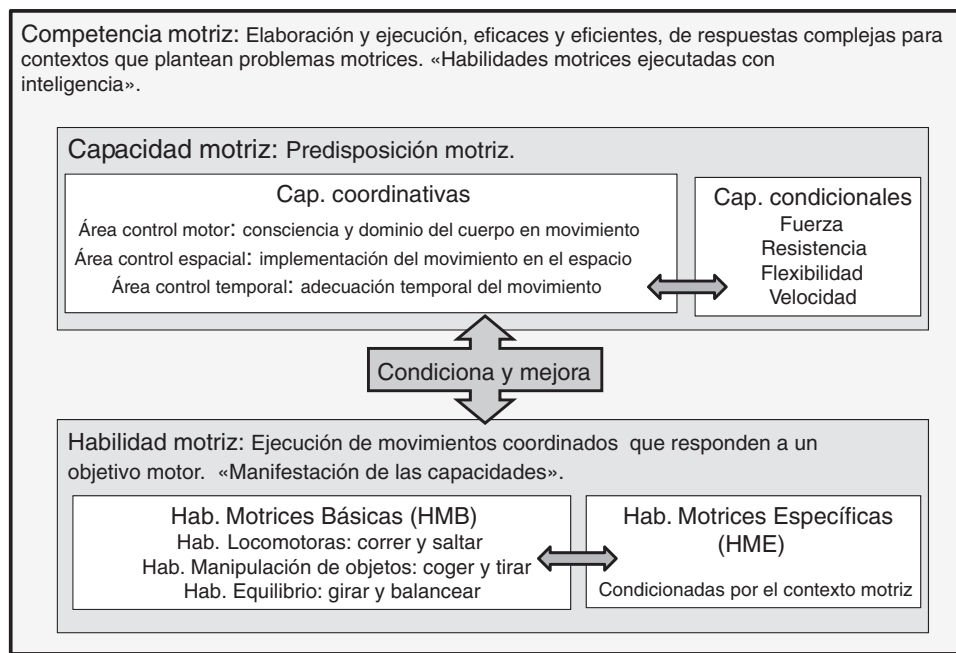


Figura 1 Relación entre competencia, habilidad y capacidad motriz.

Siguiendo la lógica planteada hasta el momento, la HM se encuentra claramente condicionada por las capacidades coordinativas y las capacidades condicionales. Las capacidades son predisposiciones motrices que el sujeto debe desarrollar a través de las habilidades, es decir existe una relación de interdependencia entre ambos conceptos. Por ejemplo, la fuerza del tren inferior se mejora, entre otras habilidades, saltando; y a su vez, la calidad del salto mejora cuando aumenta la fuerza del tren inferior. Siguiendo con el ejemplo, saltando mejoramos la coordinación neuromuscular de los músculos implicados en la habilidad, y al mismo tiempo, la mejora neuromuscular mejora la calidad del salto.

La concepción de CM que defiende el presente artículo solo puede explicarse desde la complejidad, entendiendo que la intervención en uno de los subsistemas influye en todo el sistema^{16,17}. Con relación a lo que presenta la figura 1, el artículo centra su atención en la necesidad de disponer de una riqueza y calidad motriz que pueden conseguirse a través del desarrollo de las habilidades motrices básicas (HMB), poniendo énfasis en las capacidades coordinativas (específicamente el control neuromuscular, definido por Fort y Romero¹⁸ como aquella activación muscular precisa que posibilita una acción coordinada y eficaz durante las actividades físicas y deportivas) y en las capacidades condicionales (específicamente la fuerza y la resistencia).

Base de la competencia motriz: habilidades motrices básicas

El desarrollo motor son los cambios que se producen en el comportamiento motor humano a lo largo de la vida, los procesos que subyacen a estos cambios y los factores que les afectan¹⁹. De este modo, el desarrollo de la CM, se asocia al

período de crecimiento y maduración, pero también incorpora los períodos regresivos asociados al envejecimiento.

Existen pocos modelos explicativos del desarrollo motor (e.g., Gallahue y Ozmun; Clark y Metcalfe)^{15,20}. Proponemos un modelo explicativo del desarrollo motor (fig. 2) que integra conceptos de los modelos *Gallahue's Triangulated Hourglass*¹⁵ y el *Mountain of Motor Development*²⁰.

La perspectiva de Gallahue, et al. describe la CM como proceso y producto. El proceso apunta como principales factores que inciden en el desarrollo de la CM: (a) los factores individuales (hereditarios, biológicos), (b) los factores contextuales (experiencia previa, aprendizaje, factores socioculturales, y (c) los factores de la tarea (características físicas y mecánicas, exigencia cognitiva). Por otro lado, el producto emerge de una relación interdependiente entre dichos factores con el crecimiento y la maduración del individuo. Dicha relación define un momento crítico de aprendizaje durante los años de desarrollo en que los niños y jóvenes son más sensibles a la adaptación inducida por la educación o el entrenamiento^{21,22}. Por otro lado, el modelo de Clark y Metcalfe incorpora la idea que el individuo desarrolla solo algunas habilidades, y además, a diferentes niveles²⁰.

En la figura 2 se definen 5 fases de desarrollo motor, cada una de ellas limitada por un rango de edad que debe aceptar individualidades¹⁵, a su vez, estas fases se concretan en unos estadios de desarrollo que se manifiestan de forma particular para cada habilidad y cada individuo.

Desde el nacimiento hasta el primer año encontramos la fase de movimientos reflejos, en la que los movimientos involuntarios favorecen el conocimiento del cuerpo y la relación con el entorno. A continuación se define una fase de movimientos rudimentarios que dura hasta los 2 años, los reflejos tienden a desaparecer (estadio de inhibición refleja) para dar paso a los movimientos voluntarios aunque incontrolados y poco refinados (estadio de precontrol). La

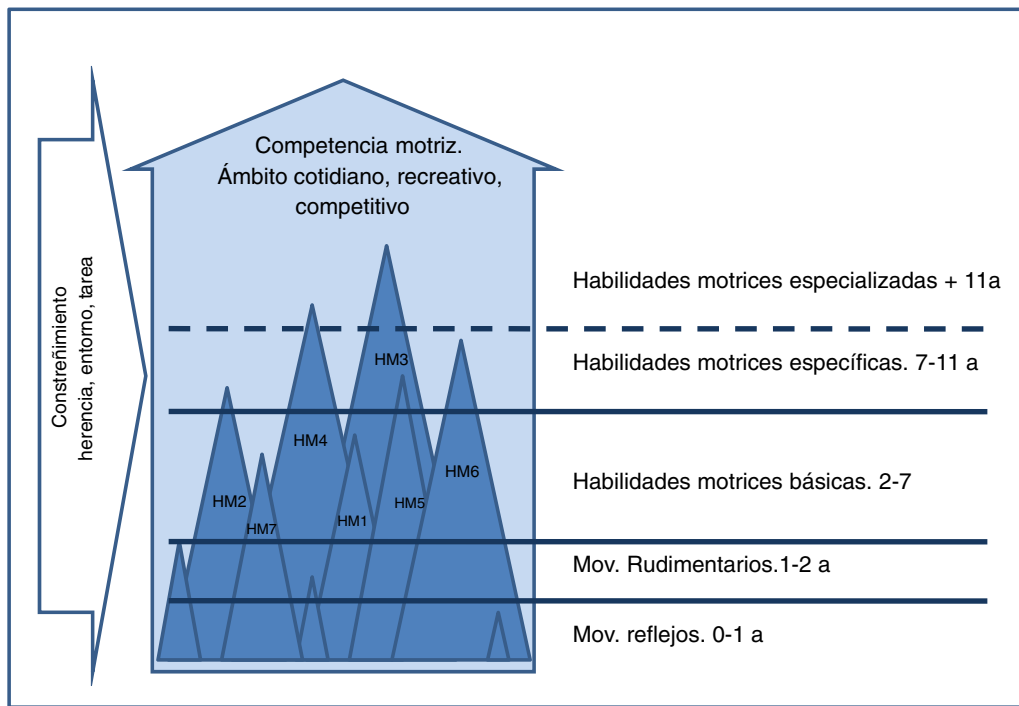


Figura 2 Desarrollo motor. Adaptación de los modelos *Gallahue's Triangulated Hourglass* (Gallahue et al., 2006)¹⁵ y el *Mountain of Motor Development* (Clark y Metcalfe, 2002)²⁰.

primera manifestación de dicho estadio es la marcha que se presenta como recurso principal para explorar y manipular el entorno, en consecuencia, al final del primer año de vida muchos niños son capaces de caminar sin apoyo. Siguiendo la evolución natural, se presenta la fase de HMB en la que cada habilidad se concreta en 3 estadios de desarrollo (estadio inicial, estadio elemental, estadio maduro). En primer lugar se van desarrollando y variando las habilidades de locomoción (e.g., correr, brincar y saltar) y equilibrio (e.g. cambio de ritmo, giro). Cuando la fuerza, el equilibrio y la coordinación motora mejoran, emergen otras habilidades como galopar y deslizarse. Posteriormente, con el tiempo y la práctica, la coordinación ojo-mano y ojo-pie mejora, en consecuencia, los niños comienzan a desarrollar habilidades comúnmente conocidas como habilidades de control de objeto (e.g. pasar, recibir, golpear, chutar). Aunque cabe destacar que cada habilidad sigue su curso, y por lo tanto coexiste el desarrollo de diferentes habilidades en diferentes estadios de evolución. La riqueza motriz del niño puede presentar las HMB de forma aislada o combinadas entre sí^{19,23,24}. Posteriormente, dichas HM se especializan en función del deporte o el contexto al que deben dar respuesta atribuyéndoles complejidad y especificidad²³, dando paso a las fases de habilidades motrices específicas (HME) y especializadas.

Hemos explicado la CM a partir del desarrollo motor, proceso en el que las habilidades motrices básicas toman un papel relevante en cuanto a su función de base para la construcción de una motricidad compleja, específica, variada y contextualizada. Existen muchas investigaciones centradas en la descripción y categorización de las habilidades motrices básicas^{19,24-26}. Tomamos como referente a Gallahue

et al. que clasifican las HMB en: locomotoras, de manipulación de objetos, y de equilibrio¹⁵ (fig. 3).

Relación entre competencia motriz y salud

La Organización Mundial de la Salud (2010) recomienda que los niños y adolescentes acumulen 60 min diarios de AF moderada o vigorosa. Sin embargo, los informes epidemiológicos recientes indican que los niveles de AF están disminuyendo en la adolescencia y la juventud^{6,7} y estos comportamientos sedentarios pueden continuar en la edad adulta²⁷. De hecho, existen datos del estudio IDEFICS (2014) obtenidos con acelerometría en población española que indican que solo el 30% de los niños y el 12% de las niñas cumplen las recomendaciones de 60 min de AF diaria²⁸. Es importante destacar que esta disminución de la AF parece emerger a los 6 años^{7,29} momento a partir del cual el desarrollo de las HMB requiere una intervención de profesionales expertos para que propongan y guíen las actividades más complejas. Un reciente metaanálisis indicó que la inclusión de programas de AF orientados a la vivencia de experiencias ricas en HMB, desarrollados por especialistas en educación física, favorecen el desarrollo de la CM en los jóvenes⁷.

Las HMB son unidades elementales de movimiento necesarias para las actividades motrices más complejas, incluyendo deportes y actividades de ocio activo. Clark y Metcalfe indican que las HMB son el "campo base" de la montaña que conducen al desarrollo de las HME²⁰. La AF en la infancia contribuye al aumento del gasto energético, pero es aún más importante destacar que contribuye a crear un repertorio motriz¹⁵.

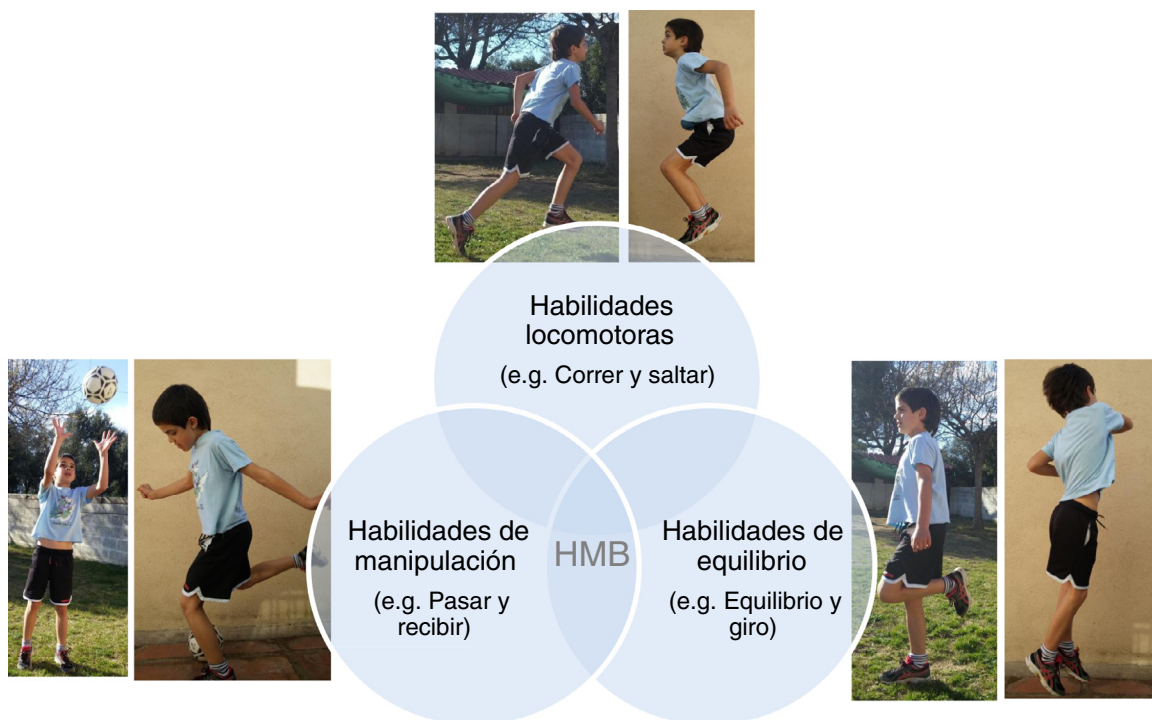


Figura 3 Habilidades motrices básicas.

Existen estudios que presentan una relación positiva entre la práctica de AF y la CM de los niños³⁰⁻³⁴. En consecuencia, los niños que no están expuestos a ambientes con oportunidades para mejorar las HMB tienden a ser menos activos durante la adolescencia. Esta realidad puede manifestarse en los hábitos de vida sedentarios durante la edad adulta^{12,19}.

Por lo tanto, se puede inferir que existe una relación entre la CM y los hábitos saludables de AF (fig. 4) a corto y largo plazo. La CM favorece la aptitud física y puede reducir el riesgo de lesiones relacionadas con la actividad de jóvenes y adolescentes¹³. Además, una buena CM contribuye a que los jóvenes dispongan de un mayor repertorio de opciones motrices en la que se sienten competentes para decidir respecto su estilo de vida^{13,15,33}. Ampliando esta idea Longmuir et al. apuntan que la educación física debe incidir sobre la CM, pero también sobre la motivación y la confianza, el conocimiento y la comprensión del valor de adherirse a un estilo de vida saludable³⁵.

En sentido opuesto, la incompetencia motriz o una baja adquisición de las HMB genera sentimiento de fracaso, baja autoestima e inseguridad en la práctica motriz³⁶. Estos sentimientos pueden llevar a una inhibición o inactividad progresiva que a la vez genera más incompetencia y menos adherencia a la AF. Esta reacción también puede explicarse desde la teoría de la autodeterminación de Ryan y Deci (2000) en la que la competencia, junto con la relación y la autonomía son las 3 necesidades básicas psicológicas que el individuo debe satisfacer para estar intrínsecamente motivado para hacer una actividad³⁷.

Pese a que existen muchas formas para incrementar los niveles de AF de los jóvenes, no todas ellas contribuyen de igual forma al aumento de la CM. Por ejemplo, caminar o correr durante más de una hora al día —recomendación de

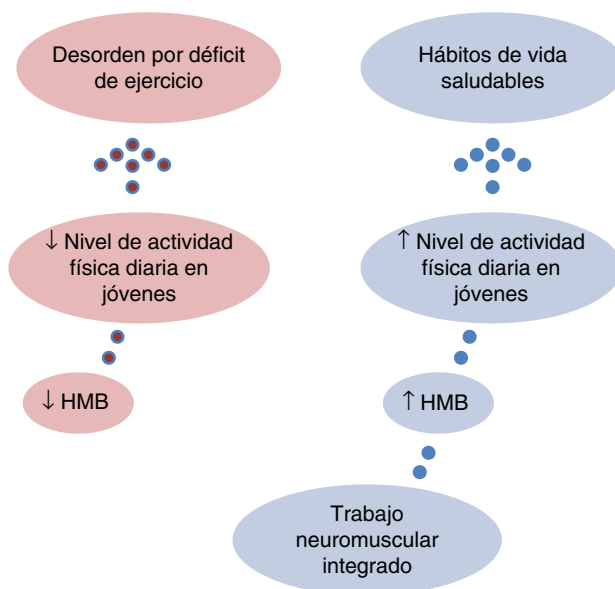


Figura 4 Los niños que realizan un trabajo neuromuscular integrado que incorporan una gran variedad de habilidades motrices básicas (HMB) con el objetivo de mejorar la salud y las habilidades motrices y deportivas podrían reducir el desorden por déficit de ejercicio y lograr un estilo de vida saludable durante la adolescencia y la vida adulta.

La Organización Mundial de la Salud para llevar un estilo de vida activo— no favorece el desarrollo de la CM durante la infancia, ya que incide únicamente sobre un tipo de HMB.

La bibliografía muestra evidencias de que el TNI es un tipo de AF que trabaja sobre secuencias de movimientos presentes en una gran variedad de actividades físicas organizadas,

y no organizadas^{38,39}. El TNI se define como un programa de ejercicio físico que incorpora tareas de fuerza, resistencia y de acondicionamiento físico generales (e.g., habilidades motrices básicas) y específicos (e.g., agilidad, estabilización dinámica, coordinación, pliometría) con el objetivo de mejorar la salud (e.g., disminuir la incidencia lesiva, aumentar la capacidad cardiorrespiratoria, disminuir la obesidad) y el rendimiento de las HMB y HME^{38,40}.

¿Es posible identificar a los niños con baja competencia motriz o desorden por déficit de ejercicio?

Desorden por déficit de ejercicio

Actualmente existen herramientas capaces de cuantificar la inactividad física en la población joven. Pero en este artículo, en consonancia con lo que se ha desarrollado hasta el momento, se propone la utilización de un término más amplio que es el DDE.

El DDE se atribuye a aquellos niños y adolescentes que presentan bajos niveles de AF regular (< 60 min/día) concebidos desde una perspectiva de salud^{8,10} y además bajos niveles de CM asociados a su estado madurativo. En este sentido, un niño puede cumplir con las recomendaciones de AF diaria (> 60 min/día) pero no tener desarrolladas las HM que corresponderían a su estadio madurativo.

En relación con el apartado anterior, y debido a las relaciones simbióticas entre la AF y la CM en la juventud, es muy importante que las recomendaciones de AF para la infancia, además de actividades aeróbicas, también introduzcan ejercicios de fuerza y control neuromuscular^{21,22,38} (fig. 4). La recomendación de una AF centrada en la CM adecuada a la edad, segura, eficaz y divertida, debería ser el tratamiento para el DDE.

Aunque el DDE puede manifestarse a través de signos y síntomas, índices y valores, que a menudo se utilizan para diagnosticar algunas enfermedades (e.g., índice de masa corporal, capacidad pulmonar, FC, VO₂máx en sangre, metabolismo de la glucosa), el DDE carece de una prueba específica o un marcador para diagnosticar dicha condición¹⁰. Aunque cabe valorar el test *Canadian Assessment of Physical Literacy* (CAPL) que en una de sus dimensiones valora la competencia física a través de: una prueba de resistencia, una prueba de habilidades motrices, una valoración de fuerza (de prensión, de tronco y de tren inferior), el índice de masa corporal y el perímetro de cintura³⁵.

En cualquier caso, para identificar aquellos jóvenes que presentan DDE asociados a consecuencias negativas sobre la salud a corto y largo término se precisan herramientas que además de cuantificar la AF desde un punto de vista energético (> 60 min/día), valoren la fuerza y el control neuromuscular necesarios para realizar sus actividades cotidianas y deportivas de forma competente^{41,42}.

Mejora del control neuromuscular y prevención del desorden por déficit de ejercicio

El desarrollo de la CM se relaciona estrechamente con el concepto de control neuromuscular que se define como la

activación neuromuscular precisa para desarrollar las actividades motrices de forma eficaz y coordinada¹⁸. A su vez, el control neuromuscular se expresa con relación al estado de maduración biológica y desarrollo del sistema nervioso central del niño y adolescente, y también en relación a la calidad de las experiencias motoras vivenciadas hasta el momento¹⁹. El sistema nervioso central experimenta un aumento masivo en melificación y conexión sináptica de los 2 a los 5 años de vida, y este proceso no se concluye hasta la maduración sexual o incluso la edad adulta^{43,44}. Teniendo en cuenta esta información, las experiencias que promueven adaptaciones neurales pueden ser beneficiosas para el desarrollo de la CM, sobre todo antes de la pubertad —cuando el sistema nervioso central tiene más plasticidad— aunque continúa a través de los años de la adolescencia.

Durante la pubertad, el sistema de control neuromuscular sufre una pequeña regresión debido al pico de velocidad de crecimiento (PVC), que se define como la tasa de crecimiento máxima en relación con la estatura⁴⁴. La edad cronológica del PVC varía considerablemente entre los jóvenes, pero se produce normalmente alrededor de los 12 años en las mujeres y de los 14 en los varones^{45,46}. Por otro lado, es importante tener en cuenta que el aumento más rápido de la masa corporal paralelo a la mayor tasa de variación de peso, se produce aproximadamente 12 meses después de la etapa de crecimiento (PVC)^{21,47}. Este incremento rápido del sistema esquelético y posterior crecimiento del peso corporal comportará un elevado estrés y exigencia sobre el sistema de control neuromuscular, ya que deberá adaptarse a las nuevas estructuras (e.g., tejido muscular y grasa). A nivel deportivo, la variación de peso permitirá crear mayores adaptaciones estructurales (e.g., hipertrofia muscular) y en consecuencia, se mejorará la fuerza y la potencia muscular⁴⁸. Por dicha razón, este período se convierte en una etapa de gran riesgo de lesiones deportivas ya que la fuerza y potencia muscular desarrollada no siempre vienen acompañadas de un mayor control neuromuscular. Por lo tanto, el gran desarrollo músculo-esquelético durante la pubertad no se acompaña de la adaptación neuromuscular correspondiente, y pueden incidir sobre el desarrollo de patrones biomecánicos mayormente lesivos durante las acciones motrices y deportivas de alta intensidad^{49,50}. De hecho, mecánicas anormales (e.g., valgo dinámico de rodilla) durante el aterrizaje de saltos, cambios de dirección o desaceleraciones se han relacionado con una alta tasa de graves lesiones de las extremidades inferiores en adolescentes (e.g., lesión del ligamento cruzado anterior)^{48,51}.

Como consecuencia práctica del párrafo anterior, actualmente se recomienda iniciar el TNI durante la infancia y la prepubertad, antes del período del PVC⁴⁸, justo en la etapa de desarrollo de las HMB. La finalidad de dicha formación es mejorar la eficiencia de la CM. La fortaleza de esta base permitirá avanzar con HM más específicas y más exigentes, desde la salud y para la salud.

Propuesta de trabajo para la mejora de la competencia motriz en jóvenes: trabajo neuromuscular integrado

Pese al aumento de niños y adolescentes con poca adherencia a las recomendaciones de AF saludable, y como

Tabla 1 Efectos de un programa de entrenamiento neuromuscular en jóvenes

1. Optimiza y facilita el crecimiento y el desarrollo^{21,60}
2. Facilita la adquisición de la competencia en habilidades motrices básicas^{5,56}
3. Mejora la predisposición a participar en actividades físicas y deportivas variadas⁶¹
4. Se relaciona con hábitos de vida saludables^{12,60}
5. Mejora los patrones de movimiento, el reclutamiento neuromuscular, el equilibrio, la propiocepción y la agilidad⁶²⁻⁶⁴
6. Reduce los factores de riesgo de lesión e influye en la prevención de lesiones^{51,53,58}
7. Mejora la condición física de los jóvenes en los deportes^{64,65}
8. Maximiza el éxito deportivo en la edad adulta^{21,22,66}
9. Favorece la participación en deportes a lo largo de toda la vida⁶⁷

consecuencia, la disminución de la CM de nuestros jóvenes, son muchos los estudios que han demostrado el éxito de los programas de entrenamiento neuromuscular integrado en la mejora del control neuromuscular en jóvenes (e.g., HMB)^{38,39}. La **tabla 1** muestra los efectos de los programas de TNI en la juventud descritos por la literatura científica.

A su vez, en los últimos años, son numerosos los estudios que evidencian la eficacia de este tipo de trabajo en la reducción de los factores de riesgo de lesión neuromuscular y biomecánicos, y en consecuencia, también la reducción

de las lesiones deportivas en niños y jóvenes⁵¹⁻⁵⁴. Además, es importante tener en cuenta que los niños que tengan un buen control neuromuscular y una buena CM aumentarán su confianza y autoestima durante la práctica de AF, que asociado a la disminución del riesgo de sufrir lesiones deportivas podrán aumentar la adherencia al ejercicio físico.

Como ya hemos definido anteriormente, el TNI se define como un programa que incorpora tareas generales y específicas con el objetivo de mejorar la salud y el rendimiento de las HM y deportivas^{38,40,55}. El TNI deberá incidir inicialmente en la creación de una amplia base de HMB (e.g., saltar, girar, pasar)¹⁵ para poder progresar posteriormente en las HME de cada deporte (e.g., revés en el tenis, tiro en el baloncesto) o propias de un estilo de vida activo (e.g., bailar, ir en bicicleta). Por lo tanto, en el momento que los niños y adolescentes son capaces de realizar HMB con confianza podrán progresar a realizar tareas de mayor complejidad, intensidad y exigencia neuromuscular. El TNI debe considerar la variedad, la progresión, y los intervalos de recuperación adecuados para cada tarea^{39,56}. De este modo, la piedra angular del TNI es la propuesta de tareas adecuadas a la CM de cada individuo, dirigidas por profesionales cualificados que entienden los principios fundamentales del desarrollo motor de los niños y adolescentes⁵⁷, ya que no existe un único protocolo de TNI adecuado a las individualidades (e.g., edad biológica, nivel de CM, sexo, genética, déficits neuromusculares) de cada niño o adolescente.

Teniendo en cuenta los principios de desarrollo motriz, Myer et al. recomiendan introducir el TNI centrado en la CM de los 5 a los 9 años, utilizando el juego como metodología para la mejora⁴⁸. El TNI seguiría progresando en la dificultad

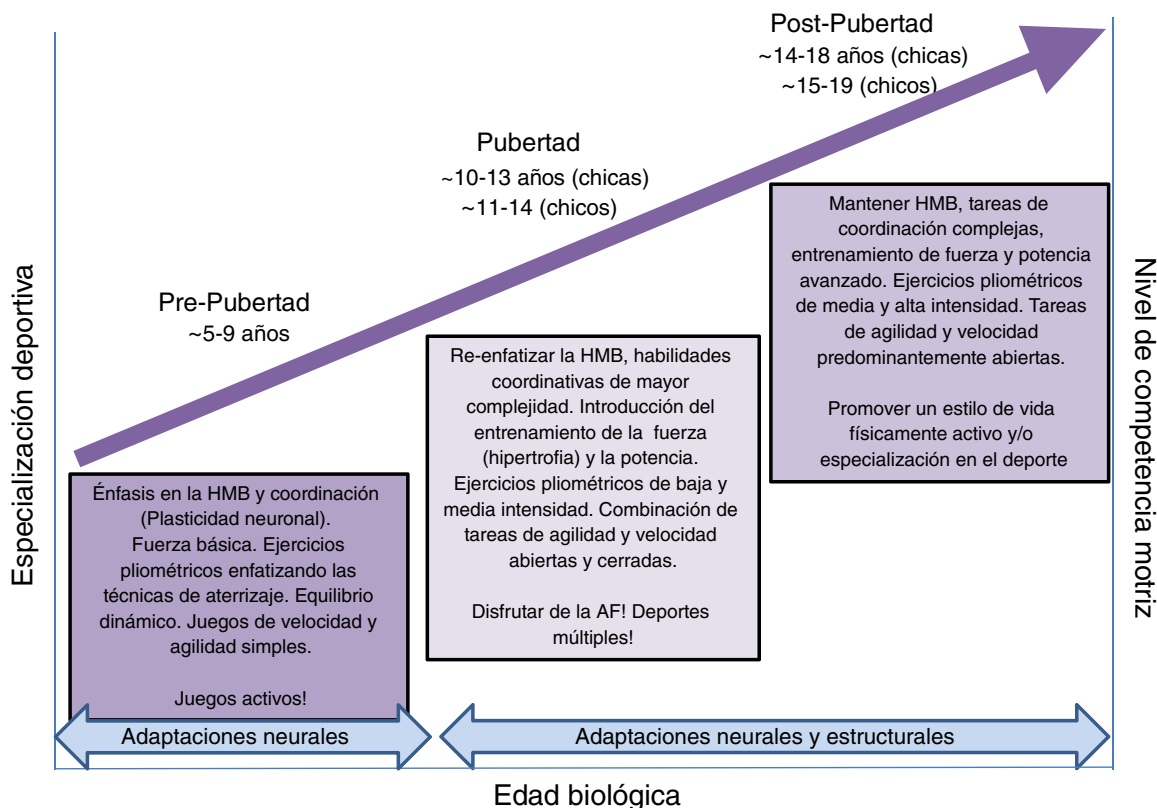


Figura 5 Progresión del trabajo neuromuscular integrado. Adaptado de Myer et al., 2013⁴⁸.

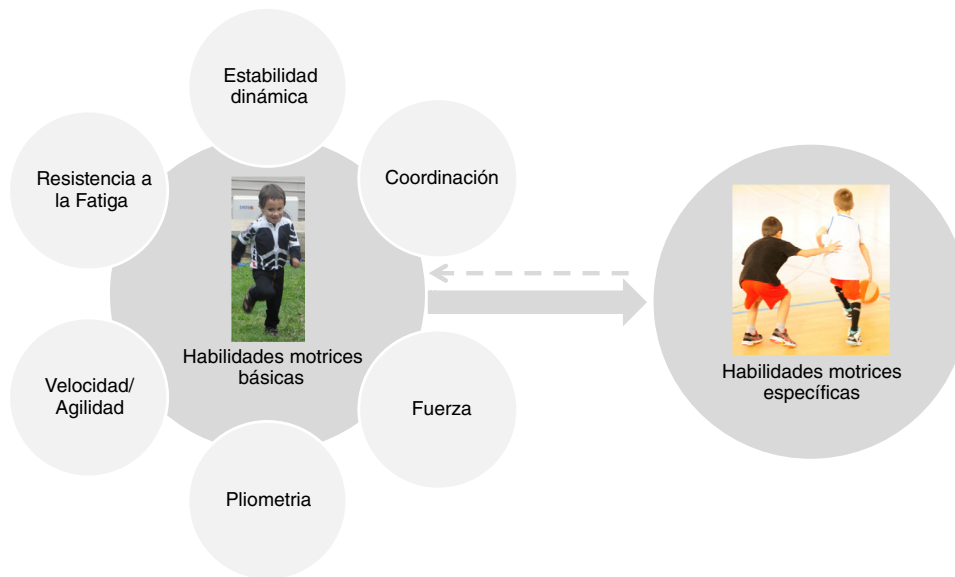


Figura 6 Componentes del entrenamiento neuromuscular integrado. Adaptado y con el permiso de Fort-Vanmeerhaeghe et al., 2016⁵⁹.

e intensidad de sus tareas durante la pubertad a través de la AF recreativa multideportiva. En la etapa pospubertad empezaremos a entrenar de forma específica para fomentar el desarrollo de las HM del deporte o AF escogida. La figura 5 muestra una progresión del TNI basada en la evidencia científica actual desde la prepubertad a la pospubertad.

La bibliografía que examina los efectos del TNI sobre el rendimiento físico y la prevención de lesiones incluye múltiples contenidos de trabajo neuromuscular (estabilidad dinámica, coordinación, fuerza, pliometría, velocidad/agilidad y resistencia a la fatiga)^{40,51,58}. Pese a ello, es difícil evaluar cuál de ellos posee una mayor o menor contribución en la mejora de las HMB inicialmente y HME posteriormente. La figura 6 muestra cómo los diferentes componentes del TNI pueden ayudar a consolidar las habilidades motrices básicas en primer lugar, para más tarde desarrollar las HME de una forma segura y divertida⁵⁹.

Conclusiones e implicaciones prácticas

Los factores que condicionan la práctica de AF en los jóvenes y adolescentes son complejos, pero parece ser que la CM puede influir en un estilo de vida saludable a largo plazo y a la disminución del riesgo de lesiones. Es necesario identificar los jóvenes con un patrón de DDE valorando la cantidad de AF que hacen diariamente, pero también la variedad y la calidad de la misma. En este sentido, será necesario ofrecer a los especialistas de educación física herramientas para establecer dicho diagnóstico.

Apuntamos que la incompetencia motriz en la juventud y la adolescencia predisponen a los individuos al DDE, la buena noticia es que puede combatirse a través del TNI. A medida que integramos el TNI en programas educativos (formales o informales) para la infancia y la adolescencia, estamos trabajando para la prevención de la inactividad física de la población adulta.

El responsable de diagnosticar el DDE, y diseñar y desarrollar los programas de TNI debe ser el especialista en

educación física, debido a que domina el desarrollo de la CM como base para un estilo de vida activo y saludable.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. World Health Organization. Global recommendations on physical activity for health. Geneva: WHO Libr Cat Data; 2010. p. 1–60.
2. Janssen I, Leblanc AG. Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2010;7:40.
3. Davis CL, Tomporowski PD, McDowell JE, Austin BP, Miller PH, Yanasak NE, et al. Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: A randomized, controlled trial. *Heal Psychol.* 2011;30:91–8.
4. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjöström M. Physical fitness in childhood and adolescence: A powerful marker of health. *Int J Obes.* 2008;32:1–11.
5. Lubans DR, Morgan PJ, Cliff DP, Barnett LM, Okely AD. Fundamental movement skills in children and adolescents: Review of associated health benefits. *Sport Med.* 2010;40:1019–35.
6. Nader PR, Bradley RH, Houts RM, McRitchie SL, O'Brien M. Moderate-to-vigorous physical activity from ages 9 to 15 years. *JAMA.* 2008;300:295–305.
7. Hinkley T, Salmon J, Okely AD, Crawford D, Hesketh K. Preschoolers' physical activity, screen time, and compliance with recommendations. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44:458–65.
8. Faigenbaum AD, Gipson-Jones TL, Myer GD. Exercise deficit disorder in youth: An emergent health concern for school nurses. *J Sch Nurs.* 2012;28:252–5.
9. Faigenbaum AD, Kraemer WJ, Blimkie CJR, Jeffreys I, Micheli LJ, Nitka M, et al. Youth resistance training: Updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *J strength Cond Res.* 2009;23 5 Suppl. S60-79.
10. Faigenbaum AD, Myer GD. Exercise deficit disorder in youth: Play now or pay later. *Curr Sports Med Rep.* 2012;11:196–200.

11. Cattuzzo MT, dos Santos Henrique R, Ré AH, de Oliveira IS, Melo BM, de Sousa Moura M, et al. Motor competence and health related physical fitness in youth: A systematic review. *J Sci Med Sport*. 2016;19:123–9.
12. Barnett LM, van Beurden E, Morgan PJ, Brooks LO, Beard JR. Childhood motor skill proficiency as a predictor of adolescent physical activity. *J Adolesc Health*. 2009;44:252–9.
13. Stodden D, Langendorfer S, Robertson MA. The association between motor skill competence and physical fitness in young adults. *Res Q Exerc Sport*. 2009;80:223–9.
14. Ruiz Pérez LM. Competencia motriz. Elementos para comprender el aprendizaje motor en educación física escolar. Madrid: Gymnos; 1995.
15. Gallahue DL, Ozmun JC. Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults. Boston: McGraw-Hill; 2006.
16. Bernstein M. The co-ordination and regulation of movements. Oxford: Pergamon Press; 1967.
17. Kelso JAS. Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior. Cambridge MA: MIT Press; 1995.
18. Fort-Vanmeerhaeghe A, Romero-Rodríguez D. Rol del sistema sensoriomotor en la estabilidad articular durante las actividades deportivas. *Apunt Med l'Esport*. 2012;48:69–76.
19. Paine V, Isaacs L. Human motor development: A lifespan approach. 5th ed. New York: McGraw-Hill; 2001.
20. Clark JE, Metcalfe J. The mountain of motor development: A metaphor. *Mot Dev Res Rev*. 2002;2:163–90.
21. Lloyd R, Oliver J. The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength Cond J*. 2012;34:61–72.
22. Balyi I, Hamilton A. Long-term athlete development: Trainability in childhood and adolescence. Windows of opportunity. Optimal trainability. *Natl Coach Inst Br Columbia Adv Train Perform Ltd*. 2004.
23. Gallahue DL, Ozmun JC. Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults. Boston, MA: McGraw-Hill; 2012.
24. Wickstrom RL. Patrones motores básicos. Madrid: Alianza deporte; 1990.
25. Godfrey BB, Kephart NC. Movement patterns and motor education. New Jersey: Appleton Century Crofts; 1969.
26. Batalla A. Habilidades motrices. Barcelona: INDE; 2006.
27. Biddle SJH, Pearson N, Ross GM, Braithwaite R. Tracking of sedentary behaviours of young people: A systematic review. *Prev Med (Baltim)*. 2010;51:345–51.
28. Konstabel K, Veidebaum T, Verbestel V, Moreno LA, Bammann K, Tornaritis M, et al. Objectively measured physical activity in European children: The IDEFICS study. *Int J Obes (Lond)*. 2014;38 Suppl 2:S135–43.
29. Tudor-Locke C, Johnson WD, Katzmarzyk PT. Accelerometer-determined steps per day in US children and youth. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42:2244–50.
30. Wrotniak BH, Epstein LH, Dorn JM, Jones KE, Kondilis VA. The relationship between motor proficiency and physical activity in children. *Pediatrics [Internet]*. 2006;118:e1758–65. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17142498>
31. Williams HG, Pfeiffer KA, O'Neill JR, Dowda M, McIver KL, Brown WH, et al. Motor skill performance and physical activity in preschool children. *Obesity*. 2008;16:1421–6.
32. Lopes VP, Stodden DF, Bianchi MM, Maia JAR, Rodrigues LP. Correlation between BMI and motor coordination in children. *J Sci Med Sport*. 2012;15:38–43.
33. Barnett LM, van Beurden E, Morgan PJ, Brooks LO, Beard JR. Does childhood motor skill proficiency predict adolescent fitness? *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40:2137–44.
34. Graf C, Koch B, Kretschmann-Kandel E, Falkowski G, Christ H, Coburger S, et al. Correlation between BMI, leisure habits and motor abilities in childhood (CHILT-project). *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2004;28:22–6.
35. Longmuir PE, Boyer C, Lloyd M, Yang Y, Boiarskaia E, Zhu W, et al. The Canadian Assessment of Physical Literacy: Methods for children in grades 4 to 6 (8 to 12 years). *BMC Public Health*. 2015;15:767.
36. Hellin Moreno P, Moreno Murcia JA, Rodriguez Garcia PL. Relación de la competencia motriz percibida con la práctica físico-deportiva. *Rev Psicol del Deporte*. 2006;15:219–31.
37. Ryan RM, Deci EL. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *Am Psychol*. 2000;55:68–78.
38. Myer GD, Faigenbaum AD, Chu DA, Falkel J, Ford KR, Best TM, et al. Integrative training for children and adolescents: Techniques and practices for reducing sports-related injuries and enhancing athletic performance. *Phys Sportsmed*. 2011;39:74–84.
39. Faigenbaum AD, Myer GD, Farrell A, Radler T, Fabiano M, Kang J, et al. Integrative neuromuscular training and sex-specific fitness performance in 7-year-old children: An exploratory investigation. *J Athl Train*. 2014;49:145–53.
40. Fort-Vanmeerhaeghe A, Romero-Rodríguez D, Montalvo AM, Kiefer AW, Lloyd RS, Myer GD. Integrative neuromuscular training and injury prevention in youth athletes. Part I. *Strength Cond J*. 2016;38:36–48.
41. Faigenbaum AD, Lloyd RS, Sheehan D, Myer GD. The role of the pediatric exercise specialist in treating exercise deficit disorder in youth. *STRENGTH Cond J*. 2013;35:34–41.
42. Malina RM, Bouchard C. Growth, maturation, and physical activity. Champaign, IL: Human Kinetics, editor; 2004.
43. Benes FM, Turtle M, Khan Y, Farol P. Myelination of a key relay zone in the hippocampal formation occurs in the human brain during childhood, adolescence, and adulthood. *Arch Gen Psychiatry*. 1994;51:477–84.
44. Kenney WL, Costill DWJ. Physiology of sport and exercise. 5th ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2012.
45. Philippaerts RM, Vaeyens R, Janssens M, van Renterghem B, Matthys D, Craen R, et al. The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *J Sports Sci*. 2006;24:221–30.
46. Tanner JM, Whitehouse RH, Marubini E, Resele LF. The adolescent growth spurt of boys and girls of the Harpenden growth study. *Ann Hum Biol*. 1976;3:109–26.
47. Croix MDS. Advances in paediatric strength assessment: Changing our perspective on strength development. *J Sports Sci Med*. 2007;6:292–304.
48. Myer GD, Lloyd RS, Brent JLFA. How young is too young to start training? *ACSMs Health Fit J*. 2013;17:14–23.
49. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Decrease in neuromuscular control about the knee with maturation in female athletes. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86-A:1601–8.
50. Ford KR, Shapiro R, Myer GD, van den Bogert AJ, Hewett TE. Longitudinal sex differences during landing in knee abduction in young athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42:1923–31.
51. Myer GD, Sugimoto D, Thomas S, Hewett TE. The influence of age on the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: A meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2013;41:203–15.
52. Emery CA, Hagel B, Morriongiello BA. Injury prevention in child and adolescent sport: Whose responsibility is it? *Clin J Sport Med*. 2006;16:514–21.
53. Herman K, Barton C, Malliaras P, Morrissey D. The effectiveness of neuromuscular warm-up strategies, that require no additional equipment, for preventing lower limb injuries during sports participation: A systematic review. *BMC Med*. 2012;10:75.

54. Hübscher M, Zech A, Pfeifer K, Hänsel F, Vogt L, Banzer W. Neuromuscular training for sports injury prevention: A systematic review. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42:413–21.
55. Myer GD, Faigenbaum AD, Ford KR, Best TM, Bergeron MF, Hewett TE. When to initiate integrative neuromuscular training to reduce sports-related injuries and enhance health in youth? *Curr Sports Med Rep.* 2011;10:157–66.
56. Faigenbaum A, Farrell A, Fabiano M, Radler T, Naclerio F, Ratamess N, et al. Effects of integrative neuromuscular training on fitness performance in children. *Pediatr Exerc Sci.* 2011;23:573–84.
57. Myer G, Faigenbaum A. Pediatric Physical Activity Exercise is sports medicine in youth: Integrative neuromuscular training to optimize motor development. *KRONOS.* 2011;X:39–48.
58. Emery CA, Roy T-O, Whittaker JL, Nettel-Aguirre A, van Mechelen W. Neuromuscular training injury prevention strategies in youth sport: A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2015;49:865–70.
59. Fort-Vanmeerhaeghe A, Romero-Rodriguez D, Lloyd RS, Kushner A, Myer GD. Integrative neuromuscular training in youth athletes. Part II: Strategies to prevent injuries and improve performance. *Strength Cond J.* 2016;38:9–27.
60. Slining M, Adair LS, Goldman BD, Borja JB, Bentley M. Infant overweight is associated with delayed motor development. *J Pediatr.* 2010;157:20–C30.
61. Faigenbaum AD, Myer GD. Pediatric resistance training: Benefits, concerns, and program design considerations. *Curr Sports Med Rep.* 2010;9:161–8.
62. Chappell JD, Limpisvasti O. Effect of a neuromuscular training program on the kinetics and kinematics of jumping tasks. *Am J Sports Med.* 2008;36:1081–6.
63. Myer GD, Ford KR, Brent JL, Hewett TE. The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance, and landing force in female athletes. *J strength Cond Res.* 2006;20:345–53.
64. Noyes FR, Barber-Westin SD, Smith ST, Campbell T, Garrison TT. A training program to improve neuromuscular and performance indices in female high school basketball players. *J Strength Cond Res.* 2012;26:709–19.
65. Noyes FR, Barber-Westin SD, Tutalo Smith ST, Campbell T. A training program to improve neuromuscular and performance indices in female high school soccer players. *J strength Cond Res.* 2013;27:340–51.
66. Bompa T. Total training for young champions. Champaign, IL: Human Kinetics; 2000.
67. Lloyd RS, Cronin JB, Faigenbaum AD, Haff GG, Howard R, Kraemer WJ, et al. National strength and conditioning association position statement on long-term athletic development. *J Strength Cond Res.* 2016;30:1491–509.