

FISIOLOGÍA DEL EJERCICIO PEDIÁTRICO:
una revisión desde la perspectiva de la
investigación.



Prof. Romina Y. Lezcano

UNLP - FaHCE

Especialización en
Programación y Evaluación
del Ejercicio.

rlezcano@fahce.unlp.edu.ar

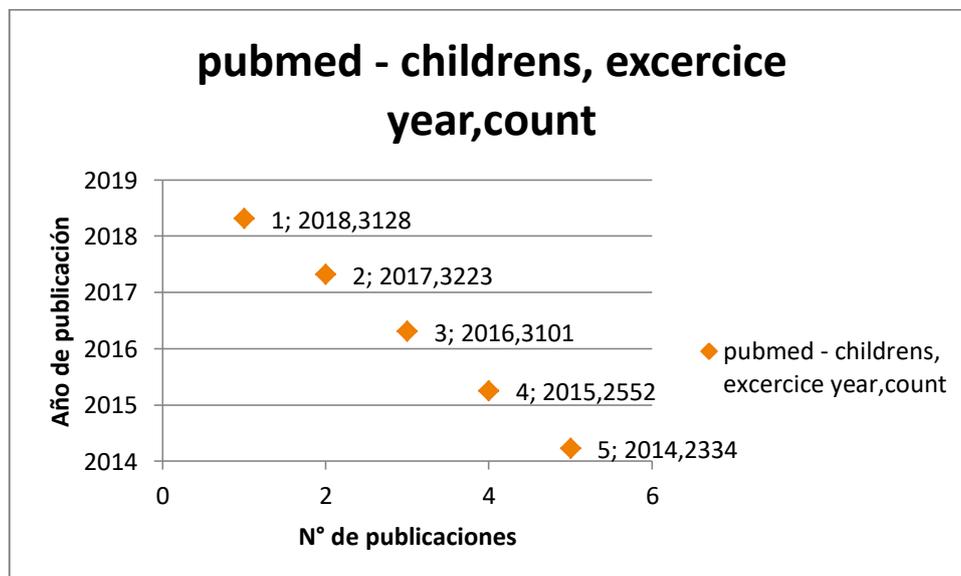
20/02/2020



FISIOLOGIA DEL EJERCICIO PEDIATRICO: una revisión desde la perspectiva de la investigación.

El interés en las respuestas fisiológicas al ejercicio exclusivo del grupo de edad pediátrica ha aumentado exponencialmente en los últimos 50 años. Varios problemas relacionados con el ejercicio de los niños han sido particularmente responsables de esta tendencia, como el reconocimiento de los beneficios para la salud del ejercicio en los jóvenes, y la creciente participación de éstos en niveles muy intensos de juegos deportivos. La introducción de los niños y adolescentes a diferentes tipos de entrenamiento físico nos hace pensar en que la fisiología del ejercicio pediátrico debe ser hoy una ciencia en desarrollo potencial. Más allá de su comparación con la fisiología del ejercicio del adulto, siendo la población infantil, una población especial. Muchos son los ejemplos que se han aplicado entrenamientos diseñados para adultos en niños, cayendo no solamente en errores metodológicos sino desatendiendo las características fisiológicas del infante. No se abarcará en esta ocasión las patologías pediátricas.

Sólo poner un MESH (childrens, exercise) en buscador como PubMed encontramos 11030 artículos relacionados en los últimos 5 años.



Incluso si tomáramos MESH (childrens, exercise, physiology) el número de artículos (4270) se mantiene elevado, mostrando el gran interés que despierta el área.

Esta revisión trabajará sobre algunos tópicos dentro de un periodo de los últimos 5 años (2014-2018). La elección de los mismos surge para tratar de recoger información actualizada para su aplicación en nuestras prácticas cotidianas profesionales, muchas veces esparcidas en varios documentos o investigaciones, que se han generado por diversos intereses o ramas de la ciencia.

Los tópicos escogidos abarcan los aspectos madurativos de niños y jóvenes, junto con un tema que muchas veces ha sido polémico a la hora de enfrentar a los niños con el ejercicio físico, como es la implicancia del ejercicio en el desarrollo óseo.

Otro de los tópicos a analizar es el metabolismo glucolítico láctico, éste ha tenido diferentes miradas y aunque todavía queda mucho por investigar, obtendremos información relevante.

Sin duda el último tópico es el de mayor atracción para las prácticas motrices de la actualidad, ya que el entrenamiento de la fuerza en niños cobró mayor protagonismo en los últimos años.

La precedente revisión se realizó tomando las publicaciones en Pediatric Exercise Science desde el 2014 al 2018 en donde se incluían la investigación sobre el ejercicio pediátrico no patológico. Esto incluyo los volúmenes del 26 al 30 con 4 números de publicaciones por año. Algunos artículos de referencia también fueron incluidos para ampliar la información de los artículos originales.

Palabras clave: niños, fisiología, ejercicio.

OBJETIVO

Objetivo general:

Describir y precisar las características fisiológicas de los niños y adolescentes.

Objetivos específicos:

1. Identificar los efectos de la maduración sobre los componentes de la aptitud física en niños y jóvenes.
2. Examinar la acción del ejercicio y sus mecanismos sobre la salud ósea de los jóvenes.
3. Analizar las potencialidades del metabolismo glucolítico láctico en niños.
4. Discutir la evidencia acerca del entrenamiento de la fuerza en la salud infanto juvenil.

INDICE

1. INTRODUCCION
2. OBJETIVOS
3. DESARROLLO
 - 3.1 Identificar los efectos de la maduración sobre los componentes de la aptitud física en niños y jóvenes.
 - 3.2 Examinar los efectos del ejercicio y sus mecanismos sobre la salud ósea de los jóvenes.
 - 3.3 Discutir las potencialidades del metabolismo glucolítico láctico en niños
 - 3.4 Revisar la evidencia acerca del entrenamiento de la fuerza en la salud infantil.
4. CONCLUSIONES
5. BIBLIOGRAFIA

Efectos de la maduración sobre los componentes de la aptitud física en niños y jóvenes.

El rendimiento en todas las formas de actividad motora mejora progresivamente durante los años de la infancia como consecuencia del crecimiento, maduración y desarrollo normales. El entrenamiento físico puede acelerar y mejorar este desarrollo biológico. Hay ciertas edades en las que el entrenamiento podría ser más eficaz para mejorar el rendimiento, particularmente en la infancia y la adolescencia.

Lo primero que hay que identificar en el abordaje de la aptitud física en niños y jóvenes es en qué momento o edad de maduración se encuentra. Hay varias técnicas (cuadro 1) que nos permiten averiguar la edad madurativa.

Edad	Estudio	
Esquelética	Placa muñeca izquierda, vértebras cervicales, Absorciometría.	<ul style="list-style-type: none">• L. Müller. E. Müller. C. Hildebrandt. K. Kapelari. C. Raschner. (feb. 2015)•
Sexual	Estadios de Tanner, menarquía.	<ul style="list-style-type: none">• Tanner J. & Marshall W. (1969/70)

Cuadro 1-1

La edad biológica nos permite relacionar el estado de madurez con el nivel de rendimiento. El rendimiento se mide comúnmente como el resultado de las acciones motoras que requieren velocidad, agilidad, equilibrio, flexibilidad, fuerza explosiva, resistencia muscular local y fuerza muscular estática.

Debemos incorporar al análisis de la población pediátrica, además de su desarrollo normal, las diferencia entre los niños sedentarios y activos. El sedentarismo, la inactividad física y la dinapenia pediátrica, son tres conceptos que lamentablemente cruzan esta población. Entendiendo como sedentarismo a las actividades cotidianas con un coste energético menor a 1,5 METS; por su parte, la inactividad física es la no realización de actividad física recomendada (OMS: 60 minutos diarios de actividad moderada a vigorosa en niños y adolescentes); y la dinapenia pediátrica es una condición adquirida caracterizada por bajos niveles de fuerza y potencia muscular y las consecuentes limitaciones funcionales no causadas por enfermedades neurológicas o musculares.

Rendimiento y maduración

La fuerza isométrica aumenta linealmente con la edad durante la infancia y la transición a la adolescencia en ambos sexos. Aproximadamente a los 13 años, el desarrollo de la fuerza se acelera considerablemente en niños. En las niñas aumenta progresivamente a través del tiempo hasta los 15 años. Las diferencias de sexo en la fuerza son consistentes, aunque pequeñas, a través de la infancia y la transición a la adolescencia. A partir de entonces, las diferencias se hacen cada vez más grandes por lo que a la edad de 16 años y después solo unas pocas niñas actuar al mismo nivel que el niño promedio. La fuerza está relacionada con el tamaño corporal y la masa muscular para que las diferencias de sexo puedan relacionarse con una ventaja de tamaño en los niños. Durante la infancia y la adolescencia los varones tienden a

tener mayor fuerza por unidad de masa corporal, especialmente en la parte superior del cuerpo y el tronco, pero las diferencias de sexo en la extremidad inferior no es tan importante.

El rendimiento en pruebas estandarizadas de agilidad y aptitud física como carreras de velocidad, saltos largos y alto, lanzamientos (coordinación y fuerza explosiva), flexiones de brazo y abdominales (resistencia muscular local), equilibrio, también mejora, en promedio, desde la infancia hasta la adolescencia en niños. Las actuaciones en chicas aumentan hasta la edad de 13 a 14 años. El patrón de crecimiento para la flexibilidad difiere.

Las actuaciones de las chicas caen, en promedio, dentro de 1 desviación estándar (SD) por debajo del rendimiento promedio de los niños en la infancia tardía y la adolescencia temprana. En contraste, las chicas son más flexibles que los niños en prácticamente todas las edades.

Correlaciones entre dimensiones somáticas y el desempeño en tareas motoras durante la infancia son generalmente baja (0 a aproximadamente 0,35).

La potencia aeróbica absoluta (VO_2 l/min) aumenta desde la infancia hasta la adolescencia, en niños, y alcanza un meseta en la niñas alrededor de los 13-14 años. Antes de los 10-12 años las niñas alcanzan el 85/90 % de los valores medios de los niños. Luego del aumento acelerado de la adolescencia, el VO_2 de las niñas es sólo el 70% de los valores medios de los niños. La dependencia de la potencia aeróbica absoluta del tamaño corporal durante el crecimiento podríamos evidenciarla con la evaluación del Vo_2 relativo (ml/kg/min), donde las diferencias sexuales son menos notorias.

La dependencia de la potencia aeróbica sobre el tamaño cuerpo durante el crecimiento está indicado una curva de crecimiento de la potencia aeróbica relativa (ml/kg/min). Las diferencias de sexo en Vo_{2max} relativo son generalmente menores que en Vo_{2max} absoluto, con niñas que alcanzan el 80–95% de valores de los niños.

Los individuos pasan por la adolescencia a su propio ritmo y en consecuencia surge en una amplia gama de edad cronológica (CA), el llamado efecto de extensión temporal (Tanner, 1962). La sincronización de los brotes de la adolescencia se ven normalmente en relación con el PHV (es decir, en relación con un hito biológico) en lugar de la CA. Esto sirve para reducir el tiempo que se extiende a lo largo del eje CA y proporciona información más específica sobre el tiempo y la magnitud de brotes adolescentes en otras dimensiones corporales y funcionamiento. El rendimiento se alinea en el PHV del individuo para que las tasas de crecimiento sean vistas en términos de años antes y después del PHV, independientemente de la edad en que se produjo el PHV.

El brote adolescente masculino en fuerza estática se produce alrededor de 0.5–1.0 año después del PHV y es más coincidente con velocidad máxima de peso (PWV). El brote de fuerza de las chicas ocurre aproximadamente al mismo tiempo que en los niños, 0,5 años después PHV. La ganancia máxima de fuerza en los niños es, en promedio, alrededor de $12 \text{ kg} \cdot \text{año}^{-1}$ en comparación con $6 \text{ kg} \cdot \text{año}^{-1}$ en las niñas.

La aceleración del crecimiento en pruebas de fuerza estática, explosiva y de resistencia muscular en adolescente comienzan aproximadamente 1,5 años antes del PHV y alcanzar un pico 0.5–1.0 año después de PHV. En contraste, la flexibilidad ocurre antes PHV.

La evidencia indica que durante la adolescencia los niños crecen en estatura y luego aumentan la masa muscular, peso y por lo tanto la fuerza.

En promedio, Vo2max absoluto comienza a aumentar varios años antes del PHV y sigue aumentando después del PHV. Vo2max relativo (mL O₂ /kg/ Min), por otro lado, generalmente comienza a declinar 1 año antes del PHV y sigue disminuyendo después del PHV. El descenso refleja los cambios rápidos en estatura y masa corporal para que, por unidad de masa corporal (kg/min), la captación de oxígeno disminuye durante el crecimiento acelerado. La importancia de la potencia aeróbica relativa pueden ser cuestionadas porque las relaciones entre la potencia aeróbica, dimensiones del cuerpo y funciones sistémicas durante el crecimiento son complejo. La potencia aeróbica relativa encubren las diferencias específicas del sexo en la composición corporal, tamaño, y función. Los cambios en la potencia aeróbica relativa durante la adolescencia probablemente refleje cambios en la composición corporal y no cambios en la función aeróbica.

Un importante papel de la variación en la maduración neuromuscular como factor que influye en el rendimiento durante la infancia. La madurez esquelética quizás no refleja la maduración neuromuscular y probablemente ejerce su influencia en el rendimiento a través de la variación asociada en rasgos somáticos.

La maduración esquelética y la potencia aeróbica absoluta se correlacionan (0.89) entre los 8 a 18 años. El vo2 relativo no es significativo, se empiezan a acercar en la aceleración del crecimiento. Son menos evidentes las asociaciones entre varios índices de capacidad de rendimiento submáximo y estado de madurez, excepto alrededor del crecimiento acelerado en los niños cuando las correlaciones son más altas.

Las diferencias corporales y de rendimiento entre de los maduradores tempranos y tardíos se equiparan cuando ambos completan el desarrollo.

Ahora bien, ¿existen diferencias entre los niños y jóvenes que realizan ejercicio físico y los que no?

Son varias las convenciones que promueven el ejercicio físico en todas las poblaciones, y especialmente en la pediátrica, por los beneficios que esta conlleva (cuadro2).

Beneficios para la salud asociados con la actividad física regular en niños y adolescentes (Physical Activity Guidelines for Americans, 2012)
<ul style="list-style-type: none">• Mejora de la salud ósea (de 3 a 17 años)• Mejora el estado de peso (de 3 a 17 años)• Mejora cardiorrespiratoria y muscular (de 6 a 17 años)• Mejora de la salud cardiometabólica (edades de 6 a 17 años)• Mejora de la cognición (edades de 6 a 13 años)• Reducción del riesgo de depresión (edades 6 a 13 años)

Cuadro 2-1

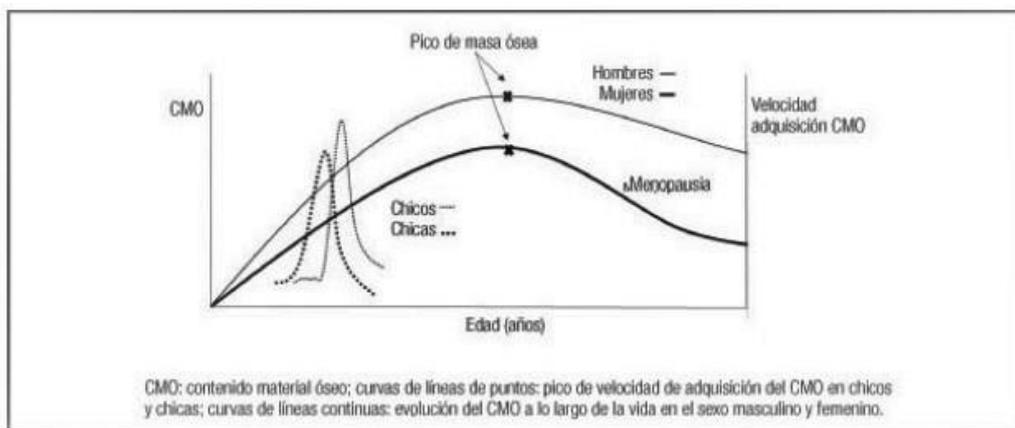
En los siguientes tópicos del trabajo abordaremos los algunos beneficios de la intervención profesional del ejercicio.

Efectos del ejercicio y sus mecanismos sobre la salud ósea de los jóvenes

Varios son los estudios que acuerdan en que en los años prepuberales y peripuberales encontramos el mayor desarrollo del esqueleto respondiendo a la intervención del ejercicio.

El desarrollo de la masa ósea es el resultado de su actividad metabólica, es decir, de los procesos de formación y resorción ósea. Ambos procesos están regulados por el equilibrio que se produce entre los factores endógenos—la hormona paratiroidea (PTH) y la calcitonina—, junto con la forma activa de la vitamina D y los factores exógenos (mecánicos, nutricionales, etc). (Rapúl López et al. 2017)

El ejercicio es parte de un conjunto sinérgico de factores que confluyen al desarrollo del esqueleto. Los prepúberes se destacan aún más que los adolescentes en el crecimiento óseo. En primera instancia el crecimiento depende de la hormona de crecimiento y el factor de crecimiento I (IGF-I) similar a la insulina, y el ejercicio es un fuerte estímulo para su secreción. Esto le daría independencia de las hormonas sexuales esteroideas en el desarrollo prepupal de esqueleto.



Los beneficios logrados durante el crecimiento óseo sobre su contenido mineral óseo (DMO), reducirá el riesgo de fractura en la adultez entre 2 a 4 veces (Farr J., Laddu D., Going S., 2014). La importancia de un beneficio residual radica en la intervención de ejercicio en edades tempranas, ya que el mismo tendrá menor influencia o efecto aplicado en la edad adulta. (Beck B., 2017).

El efecto del ejercicio sobre el crecimiento óseo puede ser explicado desde varios puntos. Una cuestión que deberíamos aclarar es que el crecimiento no se hace en forma uniforme, y que la mejor manera de estudiar en los niños y adolescentes los cambios en su esqueleto es

parcializar por zonas de crecimiento. (Naughton G., Greene D., Courteix D., Baxter-Jones a., 2017) Ito I., Kemper H., Agostinete R., Lynch, (2017) y Cericato, Bittencourt, Paranhos, (2015).

Por ejemplo, en estudios de deportes con raqueta, como el tenis o el squash, donde en la comparación del brazo hábil y el brazo no hábil muestra un desarrollo dispar influenciado por la mayor carga recibida sobre el lado hábil. Algo importante para destacar es que los jugadores que comenzaron sus prácticas antes de la pubertad tenían una masa ósea de un 11-24 % más alta en su brazo de juego, y de 2 a 4 veces más si se lo compara con personas que comenzaron sus prácticas después de la pubertad.

Se puede ver el desarrollo óseo y la influencia del ejercicio por diferentes marcadores con análisis de laboratorio en sangre y orina podemos analizar (cuadro 3-2). (Rapun López et al., 2017)

FORMACIÓN ÓSEA	REABSORCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> ▪ fosfatasa alcalina (BAP) ▪ osteocalcina(OC) ▪ propeptido C-terminal ▪ aminoterminal del precolágeno de tipo I (PICP) (PINP) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ desoxipiridinolina (Dpd) ▪ piridinolina (Pyd) ▪ telopéptido carboxilo ▪ amino terminal de colágeno tipo 1 (Ctx) (NTx)

Cuadro 3-2

Ahora bien, ¿todos los ejercicios físicos causan un efecto osteogénico?

Otros estudios han comparado la influencia del ejercicio de impacto, como puede ser la gimnasia, las carreras, el tenis, que son actividades que producen fuerzas de reacción contra el suelo; con deportes de carga activa, como puede ser la natación, el waterpolo, que son actividades que producen una carga mecánica no gravitacional(Ribeiro, Agostinete, Maillane-Vanegas, Lynch, Turi-Lynch, 2017). La magnitud de las fuerzas de carga que actúan en el esqueleto es un determinante en el modelado o remodelación ósea. Los deportes de impacto han arrojado un DMO mayor que los deportes de carga activa, sobre todo en los sitios estudiados de mayor impacto, como puede ser el cuello femoral o una mayor densidad ósea espinal, no encontrando diferencia en los huesos craneales. Janz K., Fatima Baptista F., (2018) y Ps Tan et al. (2014).

Está claro que se debe exceder un cierto nivel de impacto para la actividad física para beneficiar la acumulación de hueso. Un estudio hecho sobre corte transversal entre la AP y la DMO de la cadera en 724 adolescentes (292 niños, con una media de 17,7 años), que dividió los resultados de un acelerómetro Newtest en seis diferentes bandas de impacto. Los recuentos dentro de 2.1 a 3.1 g, 3.1 a 4.2 g, 4.2 a 5.1 g, y > 5.1 g bandas se relacionaron positivamente con la DMO del cuello femoral, en niños y niñas combinados, en nuestro modelo con ajuste mínimo que incluye edad, altura y sexo. (Deere, Sayers, Rittweger, Tobias, 2012)

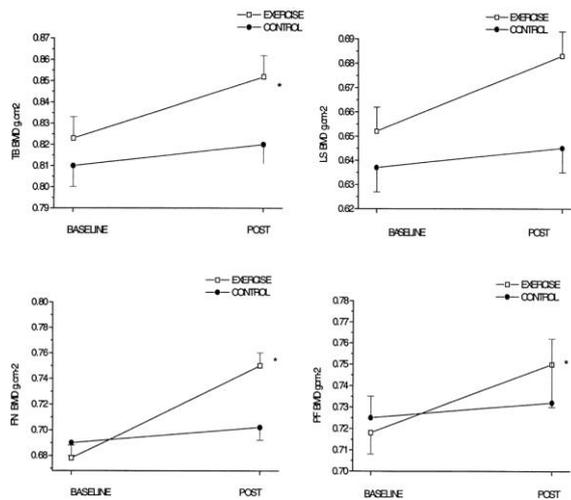
Los resultados del precedente estudio sugieren que la actividad física asociada con impactos > 4.2 g, como saltar y correr (que estudios posteriores sugieren que requieren velocidades > 10

km / h) se relaciona positivamente con la DMO y la estructura de la cadera en adolescentes, mientras que la actividad de impacto moderado (p. Ej., Trotar) es de poco beneficio. Por lo tanto, la actividad física solo puede fortalecer los huesos de las extremidades inferiores en adolescentes, y posiblemente en adultos, si esto comprende una actividad de alto impacto. Klentrou (2016) y Marin-Puyalto et al. (2018). (cuadro 4-2)

Gravedad	Clasificación	Actividad
	0,5-1	Caminar a 3 km/h
	0,9-1,1	Caminar a 5 km/h
	1,1-2,1	Caminar rápido
	1-3	Salto laterales
	2	Salto lateral
	2,1-3,8	Trotar
	3	Correr a 9 km/h
	4,3	Correr a 13 km/h
	4,5	Salto con contramovimiento
	4,7	Salto sin contramovimiento
	>5	Salto en caída a 38 cm
	4,2	Correr a mas de 10km/h
	5,4-9,2	Salto con caída

Journal of Bone and mineral Research, Vol 27, sept. 2012. Deere k., Sayers A., Rittweger J., Tobias J. (cuadro 4-2)

Otro estudio realizado en niñas premenarquicas durante 10 meses. Las mediciones iniciales de la DMO fueron similares para los grupos de ejercicio y control al comienzo del estudio. Al finalizar, el grupo de ejercicio acumuló significativamente mayor TB, LS, pierna, brazo, pelvis, FN y PF BMD en comparación con los sujetos control. (Grafico 1-2)



Journal of Bone and Mineral Research, Volumen: 12, Issue: 9, Pages: 1453-1462.(dec.,2009). (Grafico 1-2)

Los marcadores de desarrollo óseo se relacionan con la maduración biológica, incrementándose en la premenarquia, por lo que se debe incentivar la práctica de ejercicio para favorecer un mayor desarrollo de DMO. Dekker J. et al. (2017) y Morris, Naughton, Gibbs, Carlson, Wark (2009).

Las adolescentes amenorreicas pueden presentar un remodelado óseo menor.

La dosis de ejercicio recomendado no se puede acordar con exactitud, ya que los resultados de las investigaciones fueron sobre deportes específicos, en donde las horas de entrenamiento como el tipo de entrenamiento era variado, siendo los gimnastas los más beneficiados en el reporte de la DMO (Burt L.,Greene D.,Naughton G., 2017). Aunque podemos concluir que no deberán ser menor al 4g.

Importancia del ejercicio físico en el desarrollo óseo

La importancia clínica de estos valores puede apreciarse considerando el hecho de que se depositará tanto mineral óseo durante estos 4 años de crecimiento adolescente como la mayoría de las personas perderán durante toda la vida adulta.

Una ventaja de la actividad física para la terapia reabsortiva es que los aumentos de masa ósea asociados con la actividad física suelen ocurrir en regiones que son estratégicas para la resistencia ósea, donde las demandas mecánicas son mayores.

La magnitud de las fuerzas de carga que actúan en el esqueleto es un determinante en el modelado o remodelación ósea.

Un beneficio residual radica en la intervención de ejercicio en edades tempranas, ya que el mismo tendrá menor influencia o efecto aplicado en la edad adulta

Potencialidades del metabolismo glucolítico láctico en niños

Un parámetro indicador del potencial metabólico anaeróbico son los cambios en la producción de lactato máx. que es capaz de producir un sujeto. En esfuerzos submáximos y máximos, a la misma intensidad relativa, las concentraciones de lactato muscular y sanguíneo son menores en los niños que en adultos, y también menores cuando se comparan niños jóvenes con grupos de niños más grandes en edad. Esta diferencia puede deberse a varios factores.

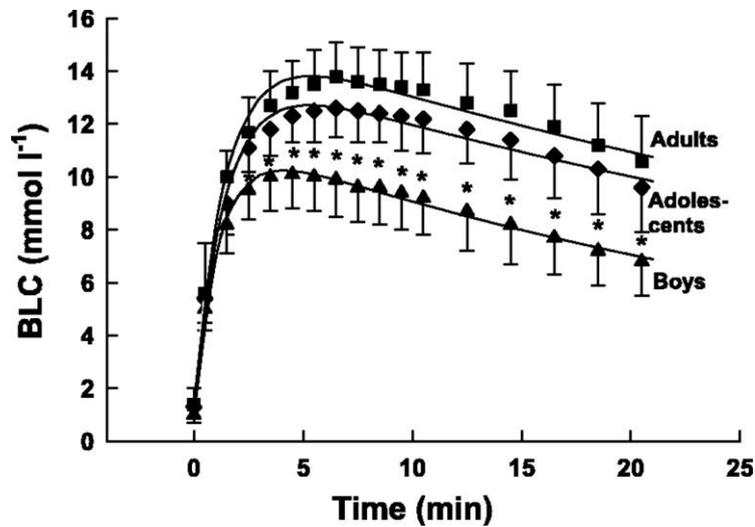
Podría deberse a un perfil metabólico muscular mejor equipado para la generación de energía oxidativa, más que para la energía glucolítica, una respuesta deprimida de las catecolaminas al ejercicio y un mayor flujo sanguíneo hacia los músculos activos. La capacidad mejorada de los niños para oxidar los lípidos, y por lo tanto ahorran glucógeno, significa que están bien equipados para el ejercicio con predominancia oxidativa. Los jóvenes tienen tasas más altas de oxidación de carbohidratos exógenos que los adultos.

Ahora bien, la concentración de lactato en sangre (BLC) después del ejercicio máximo a corto plazo y de alta intensidad se ha descrito frecuentemente como menor en niños que en adolescentes y adultos. Pero el BLC refleja no sólo un aumento del lactato en el compartimiento muscular, sino también en los procesos que modulan el transporte de lactato y su eliminación fuera del compartimiento sanguíneo. La medición de estos últimos requieren métodos experimentales invasivos, lo cual dificulta su estudio en poblaciones pediátricas.

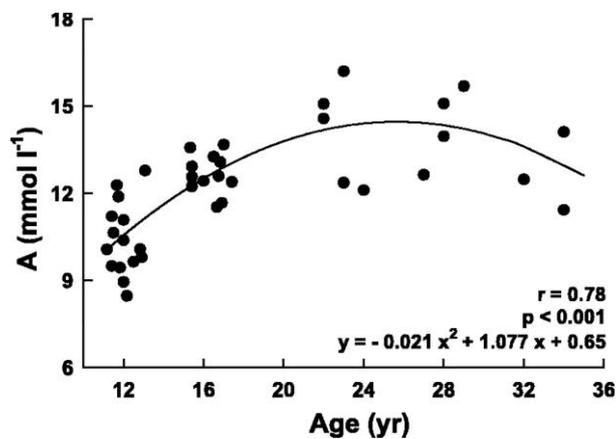
Las diferencias en la cinética de BLC pueden no haber sido suficientemente consideradas. Las diferencias en los niveles de BLC observadas en los puntos de tiempo determinados después

del ejercicio posiblemente reflejen variaciones en la cinética de la BLC en lugar de divergencias dramáticas en el perfil metabólico muscular entre niños y adultos.

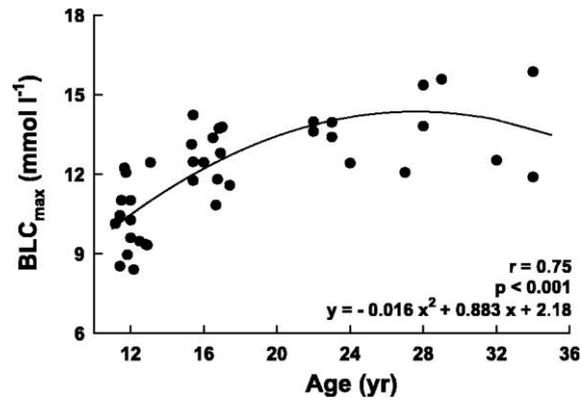
La concentración de lactato en sangre medida (BLC) a una prueba anaeróbica de Wingate (WAnT) fue menor ($* P < 0.05$) en niños (*) que en adolescentes (◆) y adultos (*); la dinámica de la BLC (línea de curva sólida) que se muestra como promedio de todas las aproximaciones de curvas individuales en cada grupo fue más rápida ($P < 0.05$) en niños que en adolescentes y adultos.



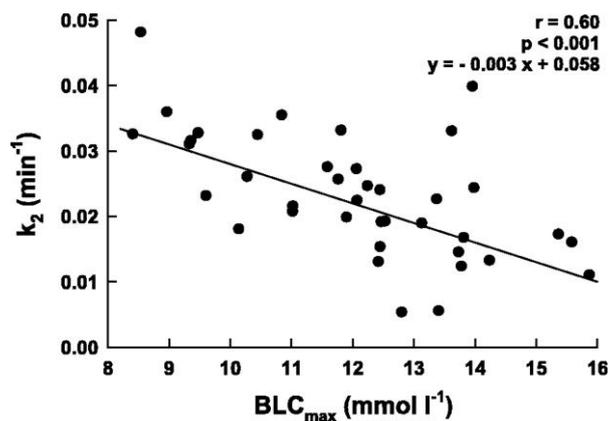
El aumento del lactato extravascular y BLC_{max} fueron menores ($P < 0.05$) y Tiempo de aparición fueron más cortos ($P < 0.05$) en niños que en adolescentes y adultos sin diferencias entre los últimos grupos. La cinética de desaparición fue mayor ($P < 0.05$) en niños que en adolescentes y adultos.



El máximo del BLC post-WAnT ($BLC_{máx.}$) Muestra un máximo durante la tercera década de la vida.



La constante de velocidad de eliminación de lactato del compartimento sanguíneo (k_2) disminuye con un aumento en la $BLC_{\text{máx}}$



El resultado de que la eliminación de BLC fue casi un 30% más rápida en los niños en comparación con los adolescentes y adultos, proporciona evidencia adicional de que, en comparación con los adultos, los niños son superiores en la disminución de BLC incluso en condiciones de reposo.

Investigaciones de Bar-or apuntan que la capacidad anaeróbica absoluta de un niño de 8 años es de un 45-50% del valor a un niño de 14 años, mientras que la capacidad relativa es de un 65-70%.

La tolerancia a la acidosis metabólica durante estas edades parecen aumentar de 0.01 a 0.02 unidades de pH/año de crecimiento.

Un estudio de J. Williams & N. Armstrong ha comparado el % de VO_2 correspondiente a dos valores referenciales de lactato sanguíneo de 2.5 y 4.0 mmol/l. El nivel de 4.0 mmol/l es largamente reconocido como el criterio de medición de la performance de resistencia en adultos. Sin embargo, sobre la base de nuestros conocimientos de que los niños pueden realizar ejercicios cercanos a su pico de VO_2 , antes que se desarrolle un nivel de 4.0 mmol/l, y que un significativo número de niños fallan en alcanzar un pico de lactato de 4.0 mmol/l, se sugiere que este nivel podría ser inapropiado para estudios en niños, y por lo tanto, se recomienda un valor de referencia menor de 2.5 mmol/l.

Los cambios en el aumento en la producción de lactato desde la infancia hacia la adultez podrían valerse en el aumento de tamaño de la fibra muscular. De la infancia a la adolescencia,

el tamaño de la fibra aumenta 3,5 veces en las niñas y 4,5 veces en chicos. Alcanzan los picos de diámetro de fibra en la adolescencia las niñas, mientras que los niños alcanzan el máximo diámetro de fibra en la edad adulta.

Revisar la evidencia acerca del entrenamiento de la fuerza en la salud infantil

La evidencia científica hoy apoya la participación de los niños y adolescentes en actividades motoras que desarrollen la fuerza muscular. Esta actividad estuvo durante varios años sesgada de creencias populares sin soporte científico que hizo alejar de esta población de su práctica (Malina et al. 2013). El entrenamiento de la fuerza conlleva un riesgo de lesión, como cualquier actividad física deportiva o recreativa. Pero la evidencia demuestra que es una actividad con un riesgo de lesión muy bajo si se realiza adecuadamente (cuadro 5-4). Daremos varios ítems que promueven la participación en actividades que desarrollen la fuerza muscular.

INCIDENCIA DE LESIONES EN DIFERENTES ACTIVIDADES DEPORTIVAS EN COMPARACIÓN CON EL ENTRENAMIENTO CON PESAS

Deporte	Lesiones cada 100 horas
<i>Fútbol infantil UK</i>	6.2
<i>Rugby UK</i>	1.92
<i>Rugby South Africa</i>	1.03
<i>Basquet UK</i>	0.70
<i>Basquet USA</i>	0.30
<i>Atletismo UK</i>	0.26
<i>Atletismo USA</i>	0.57
<i>Cross country UK</i>	0.37
<i>Cross country USA</i>	0.25
<i>Squash</i>	0.10
<i>Football USA</i>	0.10
<i>Badminton</i>	0.05
<i>Gimnasia USA</i>	0.044
<i>Tenis UK</i>	0.07
<i>Lev. Potencia USA</i>	0.0027
<i>Tenis USA</i>	0.001
<i>Raquetball</i>	0.03
<i>Voley USA</i>	0.0013
<i>Ent. Sobrecarga Gral.</i>	0.00035 cada (85.733 hs)
<i>Lev. Pesas olimpico</i>	0.0017 cada (168.551 hs)

Hamill 94
Journal Relative Safety of Weightlifting And Weight Training

Cuadro 5-4

El Entrenamiento de fuerza se refiere a un método especializado de acondicionamiento físico mediante el cual un individuo está trabajando frente a una amplia gama de cargas que le suponen una resistencia o sobrecarga con el fin de mejorar la salud, la condición física y el rendimiento. (Faigenbaum AD, Kraemer WJ, Blimkie CJ, et al. 2009).

En los niños, parece que las ganancias de fuerza inducidas por el entrenamiento están más relacionadas con los mecanismos neuronales que con los factores hipertróficos. Sin niveles adecuados de testosterona circulante para estimular aumentos en el tamaño muscular, los niños parecen experimentar más dificultades para aumentar su masa muscular como consecuencia de un programa de entrenamiento en comparación con las poblaciones mayores.

Las adaptaciones neuronales (es decir, una tendencia hacia el aumento de la activación de las unidades motoras y los cambios en la coordinación, el reclutamiento) y posiblemente las adaptaciones musculares intrínsecas (como lo demuestra el aumento en el par de torsión) son

los principales responsables de las ganancias de fuerza inducidas por el entrenamiento durante la preadolescencia. Las mejoras en el rendimiento de las habilidades motoras y la coordinación de los grupos musculares involucrados también pueden desempeñar un papel importante porque los aumentos medidos en la fuerza inducida por el entrenamiento son generalmente mayores que los cambios en la activación neuromuscular.

Recién en la pubertad, la secreción de testosterona se asocia al crecimiento de la masa muscular en varones. En mujeres, aunque hay una pequeña cantidad de testosterona en comparación con el hombre, otras hormonas o factores de crecimiento pueden ser responsables del desarrollo hipertrófico (Meylan, Cronin, Hopkins, Oliver, 2014).

En lo primero que nos pondremos de acuerdo es que los programas de entrenamiento deben ser llevados a cabo por profesionales del ejercicio, garantizando la seguridad e idoneidad en el desarrollo del mismo.

Los beneficios en la participación de los entrenamientos de fuerza son varios:

- Mejoras en el rendimiento motor: fuerza muscular, velocidad de carrera, rapidez en cambios de dirección, etc. (Blagrove et al. 2018)
- Alteraciones positivas en el plano de la salud: cambios de la composición corporal, mejora en la sensibilidad a la insulina en adolescentes obesos, mejora en el DMO, mejora en la función cardíaca, reducción de lesiones deportivas.
- Beneficios en la salud psicológica de los involucrados en los programas.

Beneficios del entrenamiento de la fuerza en niños y adolescentes sobre la salud

La Organización Mundial de la Salud reconoce actualmente la inactividad física como el cuarto factor de riesgo de la mortalidad mundial en las enfermedades no transmisibles, y apoya la participación en una amplia gama de actividades físicas incluyendo aquellas que fortalecen los músculos y huesos. (OMS, 2018).

Desde la composición corporal se puede ver los efectos del entrenamiento de la fuerza en factores cardiovasculares. La obesidad infantil, con sus enfermedades asociadas, como la diabetes tipo 2 y la probabilidad de persistencia en la edad adulta, además de otros factores (genético, sociales, económicos, etc.), puede deberse a un estilo de vida sedentario.

En un programa de entrenamiento de fuerza disminuyó significativamente la grasa corporal y aumentó significativamente la sensibilidad a la insulina en hombres adolescentes con riesgo de obesidad. Debido a que el aumento de la sensibilidad a la insulina siguió siendo significativo después del ajuste de los cambios en la masa grasa total y la masa magra total, parece que el entrenamiento de fuerza regular puede haber producido cambios cualitativos en el músculo esquelético que contribuyeron a una mayor acción de la insulina.

Aunque que los datos son limitados, sugieren que el entrenamiento de fuerza puede ser una intervención eficaz no farmacológica en adolescentes hipertensos, siempre que se utilicen cargas submáximas y se sigan los procedimientos de ejercicio apropiados. Otros han recomendado entrenamiento de resistencia de baja intensidad y alta repetición para adolescentes hipertensos que desean experimentar este tipo de entrenamiento.

El entrenamiento de fuerza caracterizado por cargas moderadas y un alto número de repeticiones puede tener una influencia positiva en el perfil de lípidos en la sangre de los niños y adolescente. Debido a que los cambios en la composición corporal y la ingesta nutricional pueden influir en las concentraciones de lipoproteínas en los jóvenes, un programa integral para mejorar la salud que incluya actividad física regular, asesoramiento conductual y educación nutricional puede ser más efectivo para mejorar el perfil de lípidos en la sangre en jóvenes con dislipidemia.

Se ha demostrado que la participación habitual en un programa de entrenamiento de fuerza para jóvenes produce influencias positivas a corto plazo en la salud musculoesquelética (desarrollado en Pag.6), la composición corporal y los factores de riesgo cardiovascular. Falk (2016) y Malina (2013).

Beneficios del entrenamiento de la fuerza en el rendimiento deportivo

En relación a la influencia en capacidades motoras (como saltar, carreras de velocidad, lanzamientos, etc.) se observó mejoras en el rendimiento luego de combinarlo con entrenamientos de fuerza, con máquinas, pesos libres, medicina ball, etc. y también con programas de entrenamiento pliométrico. La combinación de estos entrenamientos (fuerza y pliométricos) han resultado con mayores efectos que aplicándolo por separado. Igualmente no debemos desatender el principio de especificidad para evaluar los datos obtenidos en diferentes programas de entrenamiento.

Si bien la eliminación total de las lesiones relacionadas con el deporte es un objetivo poco realista, los programas de acondicionamiento físico que incluyen entrenamiento de fuerza pueden ayudar a reducir la probabilidad de lesiones relacionadas con el deporte en atletas jóvenes. Dentro de los programas de entrenamiento que reducen las posibilidades de lesiones se incluyen ejercicios de fortalecimiento y equilibrio.

Incluir estos programas de acondicionamiento debe ser participación continua dentro del entrenamiento, pues muchos programas sólo se abocan en el trabajo de pretemporada.

Debido a la variabilidad interindividual de la tolerancia al estrés, cada niño debe ser tratado como un individuo y ser observado para detectar signos de estrés incipiente, lo que requeriría una modificación de la frecuencia, el volumen, la intensidad y la progresión del entrenamiento.

Recomendaciones para el entrenamiento de la fuerza en jóvenes

Lloyd, Oliver, Faigenbaum, Myer, De Ste Croix (2014), OMS (2018) y Faigenbaum, Kraemer, Blimkie et al. (2009)

- ❖ Apto médico.
- ❖ Personal idóneo a cargo
- ❖ Recomendaciones de seguridad :
 1. Instrucción de técnicas
 2. Utilización de elementos (pesos libres, maquinas, etc.)

- Objetivos individuales: Los niños deben ser incluidos en programas en donde se planteé juntos a ellos los objetivos del entrenamiento, poniendo metas realistas e individuales. El logro de las mismas causaran adherencia a los programas de entrenamiento.

❖ Variables del programa:

- Acondicionamiento previo y vuelta a la calma.
- Elección y orden de los ejercicios.
- Intensidad, volumen (series y repeticiones), y frecuencia del entrenamiento.
- Pausa entre series y entre ejercicios.
- Cadencias de ejecución.
- Variabilidad.

<p>Acondicionamiento previo y</p> <p>Vuelta a la calma.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ejercicios dinámicos (saltos, balanceos, etc.) de tren superior e inferior, con intensidad moderada a alta. Elevar temperatura corporal. Mejorar la excitabilidad de las unidades motoras. Mejorar la conciencia cinética. Mejorar RAM Ejercicios estáticos y calistenia. Ayuda a relajar el cuerpo. Reflexiones sobre la clase o el entrenamiento.
<p>Elección y orden de los ejercicios.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Elección según condición física, tamaño corporal y experiencia técnica. Equilibrio muscular entre articulaciones y grupos musculares. Progresión gradual de los elementos de menor dificultad técnica a mayor. Control sobre las fases concéntricas y excéntricas de cada movimiento independientemente de la dificultad técnica. Usar grandes grupos musculares y luego los pequeños. Ejercicios multiarticulares antes que los uniarticulares. Los ejercicios más complejos al inicio de la sesión para evitar la fatiga neuromuscular.
<p>Intensidad,</p> <p>volumen (series y repeticiones), y</p>	<ul style="list-style-type: none"> Varía según el entrenamiento (fuerza resistencia, pliometría, etc.) y los elementos a utilizar (pesos libres, bandas elásticas etc.) PSE <div data-bbox="890 1720 1369 1953" data-label="Figure"> </div> <ul style="list-style-type: none"> 6 -10 RM Índice promedio de desarrollo masa muscular /masa ósea (>2,7)

frecuencia del entrenamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Moderada a Alta • 1 – 3 series 6 a 12 repeticiones • 2 – 3 veces por semana en estímulos no consecutivos (48-72 hs entre sesiones)
Pausa entre series y entre ejercicios.	<ul style="list-style-type: none"> • En función a la condición física. • 1 minuto con ejercicios de moderada intensidad. • 2-3 minutos en levantadores adolescentes.
Cadencias de ejecución.	<ul style="list-style-type: none"> • En el aprendizaje utilizar velocidad moderada. • En la especialización: Según los objetivos del entrenamiento
Variabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar el aburrimiento • Provocar adherencia a los programas de entrenamiento. • Optimizar aprendizajes. • Obtención de ganancias mayores a largo plazo. • Perseguir objetivos específicos.

CONCLUSIONES

Debemos destacar que el trabajo sobre la población infanto juvenil está atravesada por los efectos de la maduración, el crecimiento y el desarrollo, por lo cual, ejercerá impacto sobre la intervención del ejercicio o de la aptitud física en los mismos.

Pero no sólo el niño evoluciona por efecto de su maduración, sino que la utilización de ejercicio físico produce efecto sobre la permanencia o ganancia de aptitud física lograda en la infancia.

A la hora de diseñar programas de entrenamiento en estas poblaciones debemos atender a las diferencias evolutivas individuales y potenciar los beneficios.

Hay que avanzar sobre datos en la evolución de las adolescentes, ya que existen muchos estudios que incluyen a la población masculina pero pocos a la femenina, lo que podría indicar un sesgo o dificultar la intervención.

Es innegable el aporte del ejercicio físico sobre la salud ósea en los jóvenes, es más, estas edades son el momento propicio para potenciar la osteogénesis y proveer un efecto residual positivo en la vida adulta. No solo porque es el momento de mayor ganancia de DMO, sino que suele ocurrir en zonas estratégicas de mayor estrés mecánico.

Aunque las investigaciones acuerdan sobre intensidades mayores a 4g para lograr beneficios, faltan datos sobre la dosificación y sobre intervenciones que no sean deportivas.

Las potencialidades del metabolismo anaeróbico láctico en el niño pueden tener varios factores que explican su desarrollo. Más allá del perfil mejor equipado en metabolismo aeróbico en esta población, la diferencia con el adulto estaría más en la cinética de la concentración de lactato.

Los niños pueden entrenar para hacer esfuerzos metabólicos glucolíticos. Su recuperación es aún más rápida que la del adulto, pero no debemos olvidar el estrés mecánico que requiere el esfuerzo.

Las dificultades en la investigación requieren métodos experimentales invasivos no recomendados para esta población.

Los beneficios sobre el rendimiento y la salud con el entrenamiento de fuerza en la población infante juvenil ya no tienen objeto de crítica, si se hace un programa seguro con especialistas a cargo. Trabajando la técnica de cada ejercicio, prestando vital atención en la intensidad para lograr adaptaciones deseadas.

Bibliografía

- Baptista F., Janz KF (2012) Actividad física habitual y crecimiento y desarrollo óseo en niños y adolescentes: una perspectiva de salud pública. En: Preedy V. (eds) Manual de Crecimiento y Monitoreo del Crecimiento en Salud y Enfermedades. Springer, Nueva York, NY
- Fiona L. Morris, G. Naughton, J. Gibbs, J. Carlson, J. Wark (2009) Intervención prospectiva de ejercicios de diez meses en niñas premenstruales: efectos positivos en la masa ósea y magra. <https://doi.org/10.1359/jbmr.1997.12.9.1453>
- Kevin Deere, A. Sayers, J. Rittweger, J. Tobias. (2012). Los niveles habituales de actividad de impacto alta, pero no moderada o baja se relacionan positivamente con la DMO y la geometría de la cadera: resultados de un estudio poblacional de adolescentes. *J Bone Miner Res*. PMID: 22492557.
- Marin-Puyalto J, Mäestu J, Gomez-Cabello A, Lätt E, Remmel L, Purge P, Casajús JA, Vicente-Rodríguez G, Jürimäe J. (2018) Los patrones vigorosos de actividad física afectan el crecimiento óseo durante la pubertad temprana en los niños. *Osteoporos int*. doi: 10.1007 / s00198-018-4731-2
- David G. Behm (2018) Neuromuscular Physiology, Exercise, and Training During Youth—The Year That Was 2017. <https://doi.org/10.1123/pes.2017-0288>
- M. Bergeron, M. Mountjoy, N. Armstrong, M. Chia, J. Côté, C. Emery, A. Faigenbaum, G. Hall Jr, S. Kriemler, M. Léglise, R. Malina, A. Pensgaard, A. Sanchez, T. Soligard, J. Sundgot-Borgen, W. van Mechelen, J. Weissensteiner, L. Engebretsen Declaración de consenso del Comité Olímpico Internacional sobre el desarrollo atlético juvenil. *British Journal of Sports Medicine* 2015;49:843-851
- Engel FA, Sperlich B, Stockinger C, Härtel S, Bös K, Holmberg HC. (2015) La cinética del lactato sanguíneo en los niños durante y después de un solo y repetido sprints de ciclismo es diferente que en los hombres. *Appl Physiol Nutr Metab*. 40 (6): 623-31. Doi: 10.1139 / apnm-2014-0370

- Raffy Dotan, Bareket Falk. (2015) Discusión: “La cinética del lactato sanguíneo en los niños durante y después de un solo y repetido sprints de ciclismo es diferente que en los hombres”. ¿Los niños liberan y eliminan el lactato más rápido que los adultos? *Fisiología aplicada, nutrición y metabolismo* , 2015, 40 (6): 632-633, <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0057>
- J. Williams, N. Armstrong. (1994) The Influence of Age and Sexual Maturation on Children's Blood Lactate Responses to Exercise. *Revista de Actualización en Ciencias del Deporte* Vol. 2 Nº5. <https://g-se.com/la-influencia-de-la-edad-y-la-maduracion-sexual-en-la-respuesta-del-acido-lactico-al-ejercicio-en-ninos-208-sa-w57cfb27117614>
- R. Beneke, M. Hütler, M. Jung R. Leithäuser Modelización de la cinética del lactato en sangre en condiciones de ejercicio máximas a corto plazo en niños, adolescentes y adultos (2005)<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00062.2005>
- Lloyd R, Cronin J , Faigenbaum A , et al. Declaración de posición de la National Strength and Conditioning Association sobre el desarrollo atlético a largo plazo. *J Strength Cond Res.* 2016; 30: 1491 - 509. DoMedMed: 10.1519 / JSC.0000000000001387
- Rodríguez Valero FJ , Gualteros JA , Torres JA , Umbarila Espinosa LM , Ramírez-Velez R (2015) Asociación entre aptitud muscular y estado de salud física entre niños y adolescentes de Bogotá. *Nutr Hosp.* doi: 10.3305 / nh.2015.32.4.9310.
- L. Müller. E. Müller. C. Hildebrandt. K. Kapelari. C. Raschner. La evaluación de la maduración biológica para la selección de talentos: ¿qué método se puede utilizar? © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • Nueva York. (2015)
- Richard F. Burton (2015) Altura sentada como mejor predictor de la masa corporal que la altura total y (masa corporal) / (altura sentada) ³ como índice de desarrollo, *Annals of Human Biology*, 42: 3, 212-216, DOI : 10.3109 / 03014460.2014.954615
- Mirwald, R.L.;Baxter-Jones G., Adam D.; Bailey, Donald A.; Beunen, Gaston P.(2002) Una evaluación de la madurez a partir de medidas antropométricas. <https://journals.lww.com/acsm-msse/toc/2002/04000>
- Rapún López, Marta, Olmedillas, Hugo, Pradas de la Fuente, Francisco, Gómez-Cabello, Alba, González-Agüero, Alejandro, Casajús, José Antonio, & Vicente-Rodríguez, Germán. (2017). Metabolismo óseo en niños y adolescentes deportistas: revisión sistemática. *Nutrición Hospitalaria*, 34(6), 1469-1481. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.1109>
- Vina PS Tan Heather M Macdonald SoJung Kim Lindsay Nettlefold Leigh Gabel Maureen C Ashe Heather A McKay (2014) Influencia de la actividad física en la fuerza ósea en niños y adolescentes: una revisión sistemática y una síntesis narrativa. <https://doi.org/10.1002/jbmr.2254>
- Meylan C. , Cronin J. , Hopkins W. , Oliver J. (2014). Ajuste de las medidas de fuerza y poder en jóvenes atletas masculinos que difieren en la masa corporal y la maduración. <https://doi.org/10.1123/pes.2013-0029>
- Lloyd RS , Oliver JL , Faigenbaum AD , Myer GD , De Ste Croix MB .(2014). Edad cronológica versus maduración biológica: implicaciones para la programación de ejercicios en jóvenes. DOI: 10.1519 / JSC.0000000000000391
- Malina, RM, Baxter-Jones, ADG, Armstrong, N. et al. *Sports Med* (2013) 43: 783. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0058-5>

- Cericato GO , Bittencourt M AV , Paranhos LR . (2015). Validez del método de evaluación de la maduración esquelética por vértebras cervicales: una revisión sistemática y un metanálisis. doi: 10.1259 / dmfr.20140270
- Burt L., Greene D. , Naughton G. (2017) Salud ósea de gimnastas masculinos jóvenes: una revisión sistemática. <https://doi.org/10.1123/pes.2017-0046>
- Beck B.(2017). Ejercicio para los huesos en la infancia: golpear el punto dulce. <https://doi.org/10.1123/pes.2017-0023>
- Farr J. , Laddu D. , Going S.(2014) Ejercicio, hormonas y adaptaciones esqueléticas durante la infancia y la adolescencia. <https://doi.org/10.1123/pes.2014-0077>
- Janz K., Fatima Baptista F. (2018). Fuerza ósea y ejercicio durante la juventud: el año que fue 2017. <https://doi.org/10.1123/pes.2017-0295>
- Dekker J , Nelson K , Kurgan N , Falk B , Josse A , Klentrou P (2017) Osteocinas relacionadas con la señalización de Wnt y factores de crecimiento de transformación antes y después de un solo episodio de ejercicio pliométrico en niñas y adolescentes. doi: 10.1123 / pes.2017-0042
- Naughton G. , Greene D. , Courteix D. ,Baxter-Jones A.(2017) Huesos en desarrollo resilientes, receptivos y saludables: las buenas noticias sobre el ejercicio y el hueso en niños y jóvenes. <https://doi.org/10.1123/pes.2017-0205>
- Ito I. , Kemper H., Agostinete R. , Lynch K. (2017) Impacto de las artes marciales (judo, karate y kung fu) en el aumento de la densidad mineral ósea en adolescentes de ambos sexos: seguimiento de 9 meses. <https://doi.org/10.1123/pes.2017-0019>
- Klentrou P. (2016) Influencia del ejercicio y entrenamiento en etapas críticas del crecimiento y desarrollo óseo. <https://doi.org/10.1123/pes.2015-0265>
- Gabel L., Macdonald H., Nettlefold L., McKay H. (2017) Los episodios de actividad física vigorosa y la acumulación de fuerza ósea durante la adolescencia. <https://doi.org/10.1123/pes.2017-0043>
- Ribeiro Agostinete R. , Maillane-Vanegas S. , Lynch K. , Turi-Lynch B. (2017). El impacto de la carga de entrenamiento en la densidad mineral ósea de los nadadores adolescentes: un enfoque de modelado de ecuaciones estructurales. <https://doi.org/10.1123/pes.2017-0008>
- Kappenstein J. , Fernández-Fernández J. , Engel F. , Ferrauti A. (2015) Efectos de la recuperación activa y pasiva sobre el lactato sanguíneo y el pH de la sangre después de un protocolo de Sprint repetido en niños y adultos. <https://doi.org/10.1123/pes.2013-0187>
- Blagrove RC , Howe LP , Cushion EJ , Spence A , Howatson G , Pedlar CR , Hayes PR (2018) Efectos del entrenamiento de fuerza en corredores de distancia postpúberes en adolescentes . DOI: 10.1249 / MSS.0000000000001515
- Falk B. (2016) Entrenamiento de fuerza muscular y resistencia en jóvenes: ¿Afectan la salud cardiovascular? <https://doi.org/10.1123/pes.2016-0005>
- Eliakim A. , Falk B., Armstrong N. , Baptista F. (2018) La elección del experto: la investigación más emocionante de 2018 en el campo de la ciencia del ejercicio pediátrico. <https://doi.org/10.1123/pes.2019-0010>
- Robert M Malina (2013). Crecimiento, Performance, Actividad, y Entrenamiento Durante la Adolescencia. (Parte I)<https://g-se.com/crecimiento-performance-actividad-y-entrenamiento-durante-la-adolescencia-parte-i-177-sa-u57cfb27111d3d>

- OMS. Recomendaciones mundiales sobre la actividad física para la salud (2018) [9789243599977_spa.pdf;jsessionid=F1919152DE90C2F0CB47EB707AE2D3321/ 58](#)