

**PRUEBAS BIOMÉDICAS PARA EL DESARROLLO DE LA FUERZA EN DEPORTISTAS DE 15-16 AÑOS DESDE UN ENFOQUE TRANSDISCIPLINAR**  
**BIOMEDICAL TESTS FOR STRENGTH DEVELOPMENT IN 15-16 YEAR-OLD ATHLETES FROM A TRANSDISCIPLINARY PERSPECTIVE**

**Autores: <sup>1</sup>Antonio Ricardo Rodríguez Vargas, <sup>2</sup>José Gregorio Picoita Quezada y <sup>3</sup>Nelson Fernando Ramón Calvache y <sup>4</sup>Angela Clara Simaleza Pino.**

<sup>1</sup>ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4263-6686>

<sup>4</sup>ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5750-8858>

<sup>1</sup>E-mail de contacto: [antonio.rodriguezv@ug.edu.ec](mailto:antonio.rodriguezv@ug.edu.ec)

<sup>2</sup>E-mail de contacto: [jose.picoita@unl.edu.ec](mailto:jose.picoita@unl.edu.ec)

<sup>3</sup>E-mail de contacto: [nelson.f.ramon@unl.edu.ec](mailto:nelson.f.ramon@unl.edu.ec)

<sup>4</sup>E-mail de contacto: [angela.simaleza@educacion.goc.ec](mailto:angela.simaleza@educacion.goc.ec)

Afiliación: <sup>1</sup>\*Universidad de Guayaquil <sup>2\*3\*</sup>Universidad Nacional de Loja, <sup>4</sup>\*Escuela Básica El Vergel, (Ecuador).

Artículo recibido: 10 de Julio del 2025

Artículo revisado: 10 de Julio del 2025

Artículo aprobado: 17 de Julio del 2025

<sup>1</sup>Licenciado en Cultura Física graduado del Instituto Superior de Cultura Física Manuel Fajardo (Cuba) con 13 años de experiencia en la docencia. Posee un PhD en Ciencias de la Cultura Física de la Universidad de las Ciencias de la Cultura Física y el Deporte Manuel Fajardo (Cuba)

<sup>2</sup>Licenciado en Ciencias de la Educación, especialidad Educación Física, graduado de la Universidad Nacional de Loja, (Ecuador). Magister en Docencia Universitaria e Investigación Educativa, otorgado por la Universidad Nacional de Loja, (Ecuador).

<sup>3</sup>Licenciado en Cultura Física mención en Docencia en Cultura Física, graduado de la Universidad Central del Ecuador, (Ecuador). Magister en Educación con mención en Inclusión Educativa y Atención a la Diversidad graduado de la Universidad Nacional de Loja, (Ecuador).

<sup>4</sup>Licenciada en Actividad Física y Salud, graduada de la Universidad Deportiva del Sur (Venezuela). Posee una maestría en Pedagogía de la Cultura Física Mención en Educación Física Inclusiva graduada de la Universidad Bolivariana del Ecuador (Ecuador).

### **Resumen**

El desarrollo de la fuerza durante la adolescencia constituye un componente esencial en la formación física y deportiva de los jóvenes, especialmente en edades críticas como los 15 y 16 años, cuando ocurren importantes transformaciones biológicas y funcionales. En este contexto, las pruebas biomédicas han cobrado especial relevancia como herramientas de evaluación que permiten monitorear con objetividad y precisión los cambios fisiológicos asociados al entrenamiento de la fuerza. Este artículo tiene como objetivo analizar, desde un enfoque de revisión bibliográfica, la utilidad y los aportes de dichas pruebas en deportistas adolescentes, considerando además una perspectiva transdisciplinaria que vincula la fisiología con aspectos pedagógicos, psicológicos y sociales. La revisión de la literatura científica evidencia que las pruebas biomédicas contribuyen significativamente a la individualización del entrenamiento, la prevención de lesiones, la evaluación objetiva del progreso y la mejora

del rendimiento deportivo. Asimismo, se destaca su potencial como recurso pedagógico para fomentar la motivación, la autonomía y la toma de conciencia corporal en los adolescentes. Se concluye que, si bien estas herramientas ofrecen múltiples beneficios, su correcta aplicación requiere de profesionales capacitados y de una articulación entre disciplinas que asegure su uso ético y formativo. El artículo subraya la necesidad de avanzar hacia modelos educativos que integren la tecnología biomédica con una visión humanista del desarrollo deportivo juvenil.

**Palabras clave: Pruebas biomédicas, Fuerza muscular, Adolescencia deportiva.**

### **Abstract**

Strength development during adolescence is an essential component of young people's physical and athletic development, especially at critical ages such as 15 and 16, when significant biological and functional transformations occur. In this context, biomedical testing has gained special relevance as assessment tools that allow for objective and accurate

monitoring of physiological changes associated with strength training. This article aims to analyze, through a literature review, the usefulness and contributions of such tests in adolescent athletes, also considering a transdisciplinary perspective that links physiology with pedagogical, psychological, and social aspects. The review of the scientific literature shows that biomedical testing significantly contributes to individualized training, injury prevention, objective assessment of progress, and improved athletic performance. It also highlights its potential as a pedagogical resource to foster motivation, autonomy, and body awareness in adolescents. It is concluded that, while these tools offer multiple benefits, their proper application requires trained professionals and a coordinated approach between disciplines to ensure their ethical and educational use. The article emphasizes the need to move toward educational models that integrate biomedical technology with a humanistic vision of youth sports development.

**Keywords: Biomedical tests, Muscle strength, Sports in adolescence.**

### **Sumário**

O desenvolvimento da força durante a adolescência é um componente essencial do desenvolvimento físico e atlético dos jovens, especialmente em idades críticas como 15 e 16 anos, quando ocorrem transformações biológicas e funcionais significativas. Nesse contexto, os testes biomédicos ganharam especial relevância como ferramentas de avaliação que permitem o monitoramento objetivo e preciso das alterações fisiológicas associadas ao treinamento de força. Este artigo tem como objetivo analisar, por meio de uma revisão bibliográfica, a utilidade e as contribuições desses testes em atletas adolescentes, considerando também uma perspectiva transdisciplinar que une a fisiologia aos aspectos pedagógicos, psicológicos e sociais. A revisão da literatura científica demonstra que os testes biomédicos contribuem significativamente para o treinamento individualizado, a prevenção de

lesões, a avaliação objetiva do progresso e a melhoria do desempenho atlético. Também destaca seu potencial como recurso pedagógico para fomentar a motivação, a autonomia e a consciência corporal em adolescentes. Conclui-se que, embora essas ferramentas ofereçam múltiplos benefícios, sua aplicação adequada requer profissionais capacitados e uma abordagem coordenada entre as disciplinas para garantir seu uso ético e educacional. O artigo enfatiza a necessidade de avançar em direção a modelos educacionais que integrem a tecnologia biomédica a uma visão humanística do desenvolvimento esportivo juvenil.

**Palavras-chave: Testes biomédicos, Força muscular, Esporte na adolescência.**

### **Introducción**

El entrenamiento de la fuerza en adolescentes ha emergido como un campo de estudio prioritario en las ciencias aplicadas al deporte, especialmente en edades que coinciden con importantes procesos de maduración biológica como los 15 y 16 años. En este periodo, los deportistas se enfrentan a transformaciones fisiológicas y hormonales que inciden directamente en su capacidad para desarrollar fuerza muscular, lo cual exige una planificación cuidadosa y fundamentada. En ese sentido, las pruebas biomédicas ofrecen un conjunto de herramientas técnicas y objetivas que permiten evaluar el estado funcional, estructural y metabólico del sistema musculoesquelético en jóvenes atletas. Estas pruebas no solo informan sobre el rendimiento físico actual, sino que permiten detectar riesgos, orientar intervenciones y controlar la progresión del entrenamiento. Por tanto, su aplicación se vuelve esencial para garantizar el desarrollo seguro y eficaz de la fuerza en esta etapa crítica del crecimiento.

Las pruebas biomédicas abarcan una variedad de procedimientos que permiten evaluar

múltiples dimensiones del cuerpo humano, tales como la fuerza isométrica, la composición corporal, los perfiles hormonales, la actividad electromiográfica y la biomecánica del movimiento. Estas herramientas son utilizadas con creciente frecuencia en contextos de alto rendimiento, pero su utilidad en poblaciones juveniles está siendo cada vez más reconocida por la literatura científica. Autores como Beato et al. (2020) afirman que una correcta implementación de estas pruebas permite una intervención más precisa, ya que facilita la identificación de factores limitantes individuales y favorece el diseño de planes de entrenamiento personalizados. Además, estas evaluaciones permiten un seguimiento longitudinal de los procesos de adaptación, lo cual es esencial en una etapa de cambios fisiológicos acelerados como la adolescencia. En consecuencia, el empleo de pruebas biomédicas en jóvenes deportistas se erige como una necesidad para quienes buscan una preparación física basada en la evidencia.

Durante los 15 y 16 años, los adolescentes se encuentran en plena etapa de desarrollo somático, lo que conlleva variaciones importantes en la fuerza relativa, la coordinación motora y la eficiencia neuromuscular. La tasa de crecimiento acelerado que experimentan en esta etapa conocida como “peak height velocity” repercute en la forma en que el cuerpo responde a los estímulos de entrenamiento. Según Lloyd et al. (2016), estas variaciones hacen necesario que el diseño del entrenamiento de fuerza se base en criterios de edad biológica más que en la edad cronológica, para evitar cargas inadecuadas y maximizar el potencial de adaptación. Las pruebas biomédicas contribuyen precisamente a detectar ese estado biológico real del adolescente, brindando un marco objetivo para adaptar ejercicios, volúmenes e intensidades.

Así, se logra una práctica más segura, eficiente y adaptada a las capacidades reales del joven atleta.

Además de la dimensión fisiológica, el enfoque transdisciplinar permite integrar otras áreas del conocimiento que enriquecen la comprensión del desarrollo de la fuerza en adolescentes. La inclusión de perspectivas provenientes de la medicina deportiva, la psicología del deporte, la pedagogía y la nutrición, permite comprender que el rendimiento físico no depende exclusivamente del músculo o del sistema nervioso, sino también del entorno psicosocial, la motivación, el descanso y la alimentación. Mountjoy et al. (2015) proponen que el abordaje integral del deportista joven es una condición necesaria para el desarrollo del talento deportivo a largo plazo. Esto implica que las pruebas biomédicas deben ser entendidas como parte de un sistema más amplio de evaluación, donde los datos se integran en decisiones pedagógicas, clínicas y técnicas. En ese sentido, el trabajo en equipo entre entrenadores, médicos, fisioterapeutas y psicólogos se vuelve indispensable para garantizar la coherencia de las acciones.

El enfoque transdisciplinar también se sustenta en la necesidad de ofrecer respuestas prácticas a problemas complejos que no pueden ser abordados desde una sola disciplina. Por ejemplo, la aparición de lesiones por sobreuso en jóvenes deportistas suele tener causas multifactoriales, que van desde errores en la planificación hasta desequilibrios musculares, déficits nutricionales o inadecuado manejo emocional del estrés competitivo. Las pruebas biomédicas permiten identificar algunas de estas causas desde una mirada objetiva, pero su interpretación y abordaje requieren una lectura contextual que solo puede darse en diálogo con otras áreas del conocimiento. Según Suchomel

et al. (2018), el análisis integral de datos biomecánicos, neuromusculares y hormonales permite anticipar riesgos y diseñar medidas preventivas eficaces. En este sentido, el paradigma transdisciplinar no es solo deseable, sino necesario para responder a la complejidad del entrenamiento en edades formativas.

En los últimos años, la tecnología aplicada al deporte ha facilitado el acceso a herramientas portátiles y de bajo costo que permiten realizar evaluaciones biomédicas incluso en entornos no clínicos. Dispositivos como dinamómetros digitales, plataformas de fuerza, sensores inerciales y monitores de frecuencia cardíaca han democratizado el acceso a datos fisiológicos que antes solo estaban disponibles en centros de alto rendimiento. Esta accesibilidad ha generado una mayor demanda por parte de entrenadores y profesionales interesados en implementar evaluaciones más precisas en el campo. No obstante, como advierten Mujika et al. (2018), la disponibilidad de tecnología no garantiza por sí sola una mejora en el rendimiento deportivo si no va acompañada de una formación adecuada para interpretar los resultados y tomar decisiones informadas. Por ello, el desafío actual radica en capacitar a los profesionales del deporte para integrar los datos biomédicos en su praxis cotidiana.

En el contexto del entrenamiento de fuerza, los datos biomédicos pueden utilizarse para evaluar no solo la condición física, sino también el estado de recuperación, el equilibrio hormonal, la adaptación al entrenamiento y la salud general del deportista. Marcadores como la creatina quinasa (CK), la testosterona, el cortisol y la frecuencia cardíaca de reposo ofrecen información valiosa sobre la relación entre carga y recuperación, ayudando a prevenir estados de sobreentrenamiento. Meusen et al.

(2013) destacan que estos marcadores deben ser interpretados con precaución en adolescentes, debido a las fluctuaciones propias del desarrollo puberal. Sin embargo, cuando se utilizan de manera contextualizada, pueden ser aliados poderosos para regular la carga de entrenamiento y proteger la integridad del deportista. Esta mirada preventiva es coherente con una ética del cuidado que debe primar en toda práctica formativa con adolescentes.

Otra dimensión relevante en este análisis es la pedagógica, ya que el entrenamiento de fuerza en adolescentes también constituye un proceso de aprendizaje motor que debe ser guiado por principios didácticos. El uso de pruebas biomédicas no solo debe responder a fines diagnósticos, sino que también puede emplearse como herramienta formativa, ayudando al joven a comprender su cuerpo, reconocer sus avances y tomar conciencia de su proceso de desarrollo. Riera y Cruz (2020) sostienen que el entrenamiento debe ser comprendido como una experiencia educativa integral, en la que el conocimiento corporal y la autonomía progresiva son valores centrales. Por tanto, los datos generados por las pruebas pueden convertirse en insumos para fomentar la reflexión, la autorregulación y la motivación intrínseca. En este sentido, la evaluación también educa, y debe formar parte de una pedagogía del entrenamiento.

Con base en lo anterior, el presente artículo tiene como propósito realizar un análisis bibliográfico sistemático que permita identificar, clasificar y analizar las principales pruebas biomédicas utilizadas para evaluar y potenciar el desarrollo de la fuerza en adolescentes de 15 y 16 años, desde una mirada transdisciplinar. Se busca reunir la evidencia más relevante proveniente de estudios recientes, integrando aportes de la fisiología, la

biomecánica, la medicina deportiva y la pedagogía del entrenamiento. Este ejercicio académico pretende ofrecer orientaciones teóricas y prácticas para entrenadores, investigadores y docentes que trabajan con poblaciones juveniles en contextos deportivos formativos. Asimismo, se espera contribuir a la construcción de una cultura de evaluación científica en el ámbito del deporte escolar y juvenil. La integración entre evaluación biomédica, formación física y acompañamiento pedagógico es la clave para una preparación deportiva que respete el desarrollo integral del joven atleta.

### **Desarrollo**

El entrenamiento de la fuerza durante la adolescencia ha sido ampliamente debatido en la literatura científica, pasando de un enfoque conservador a uno basado en la evidencia que respalda sus beneficios cuando se aplica de forma adecuada. Diversos estudios han demostrado que el desarrollo de la fuerza en jóvenes no solo es seguro, sino necesario para favorecer el crecimiento osteomuscular, la prevención de lesiones y la mejora del rendimiento deportivo (Lloyd et al., 2016). La fuerza muscular en adolescentes es influenciada por factores como la maduración biológica, la activación neuromuscular, la composición corporal y el entorno de entrenamiento. Esta etapa se caracteriza por un aumento natural en los niveles de fuerza debido a los cambios hormonales, en especial por el incremento de testosterona, hormona del crecimiento e insulina. Por ello, es fundamental comprender el contexto fisiológico del joven deportista para implementar programas de entrenamiento adecuados a su estado de desarrollo.

Las pruebas biomédicas representan una herramienta esencial en el proceso de evaluación del desarrollo físico en adolescentes.

Estas pruebas incluyen métodos como la antropometría, la dinamometría, los tests de salto vertical, las pruebas isocinéticas y la medición de variables bioquímicas. Su aplicación permite obtener información precisa sobre las capacidades físicas y el estado fisiológico del deportista, lo cual facilita el diseño de programas de fuerza ajustados a sus necesidades (Mujika et al., 2018). Además, estas pruebas hacen posible un monitoreo longitudinal del desarrollo del atleta, identificando tendencias, puntos de mejora y riesgos potenciales. Esta evaluación continua no solo favorece el rendimiento, sino que también promueve prácticas de entrenamiento más seguras y éticamente responsables. De este modo, la evaluación biomédica se convierte en un componente clave dentro de una estrategia transdisciplinar de formación deportiva.

El enfoque transdisciplinar integra diversas áreas del conocimiento para comprender al deportista como un ser integral, donde lo físico, lo emocional, lo social y lo cognitivo se interrelacionan. En el contexto del entrenamiento de fuerza, esto implica que la evaluación biomédica debe complementarse con la intervención pedagógica, psicológica y nutricional. Según Mountjoy et al. (2015), este enfoque no solo mejora la eficacia del entrenamiento, sino que garantiza un desarrollo armónico que respete los ritmos individuales de crecimiento. Por ejemplo, un entrenador que conoce los resultados de una prueba de fuerza isométrica podrá ajustar el volumen de trabajo, pero si además comprende el estado emocional y motivacional del joven, podrá adaptar las sesiones de manera más efectiva. De esta forma, la transdisciplinariedad no es solo una opción metodológica, sino una exigencia ética para el trabajo con adolescentes deportistas.

La dimensión psicológica en el desarrollo de la fuerza también ha sido objeto de múltiples investigaciones, ya que factores como la autoeficacia, la percepción del esfuerzo, el control emocional y la motivación inciden directamente en la disposición del adolescente hacia el entrenamiento. Según Weinberg y Gould (2019), la motivación intrínseca en adolescentes se potencia cuando existe retroalimentación positiva, desafíos alcanzables y un entorno social que favorece la participación activa. Esta variable es fundamental, ya que los datos biomédicos por sí solos no garantizan la mejora si no van acompañados de una actitud positiva y sostenida hacia el proceso de entrenamiento. Las evaluaciones también deben ser entendidas como oportunidades para educar al joven sobre su propio cuerpo y progreso, fomentando la autorregulación y la conciencia corporal. Por tanto, los resultados de las pruebas deben ser comunicados de manera pedagógica y constructiva.

Otro componente crucial del desarrollo de la fuerza en esta etapa es la biomecánica del movimiento. Las pruebas biomédicas permiten analizar la ejecución de los patrones motores, identificando desbalances musculares, errores técnicos o deficiencias en la activación neuromuscular. Estas variables son fundamentales para prevenir lesiones, especialmente en adolescentes que aún están consolidando la estabilidad articular y el control motor fino. Beato et al. (2020) afirman que las evaluaciones biomecánicas permiten detectar asimetrías que, de no corregirse, pueden desencadenar patologías por sobreuso o inestabilidad. Por ello, la integración de pruebas como el análisis de saltos, la velocidad angular y la simetría de fuerza entre extremidades se vuelve indispensable en programas de entrenamiento orientados al alto rendimiento.

Así, el trabajo del entrenador se complementa con datos científicos que permiten tomar decisiones con mayor precisión.

La carga de entrenamiento es otra variable que debe ser regulada cuidadosamente mediante pruebas biomédicas, especialmente en una etapa tan sensible como la adolescencia. El desequilibrio entre carga y recuperación puede llevar al sobreentrenamiento, al estancamiento del rendimiento e incluso a consecuencias psicológicas negativas como la desmotivación o la ansiedad. Para evitarlo, se utilizan marcadores fisiológicos como la variabilidad de la frecuencia cardíaca, la creatina quinasa, la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) y las escalas de bienestar. Meusen et al. (2013) recomiendan que estas variables se monitoreen periódicamente y se interpreten en conjunto para establecer perfiles fisiológicos del deportista. Este control permite ajustar las sesiones de fuerza de manera flexible, adaptando el volumen, la intensidad o la duración según el estado real del atleta. Así, se logra un entrenamiento más humano, responsable y eficaz.

En relación con la maduración biológica, los estudios muestran que el rendimiento en pruebas de fuerza está condicionado no solo por la edad cronológica, sino por el estadio de desarrollo puberal. La maduración ósea, la estatura, la masa libre de grasa y los niveles hormonales son determinantes en la capacidad de producir fuerza máxima, potencia y resistencia muscular. De acuerdo con Malina et al. (2015), los adolescentes que alcanzan una maduración temprana tienden a mostrar mayores niveles de fuerza que sus pares tardíos, aunque esta ventaja tiende a reducirse en la adultez. Por ello, es imprescindible utilizar pruebas biomédicas que consideren estos factores, como la edad ósea o el porcentaje de

grasa corporal, para contextualizar los resultados obtenidos. Ignorar esta diversidad puede llevar a errores de interpretación que afecten negativamente la planificación del entrenamiento.

La inclusión de análisis hormonales como parte del protocolo de evaluación es también relevante, ya que las hormonas sexuales, el cortisol y la hormona del crecimiento juegan un rol central en la adaptación muscular. Estos perfiles hormonales permiten estimar el grado de recuperación, el riesgo de fatiga acumulada y la respuesta anabólica al entrenamiento. Estudios como los de Cardinale y Stone (2006) han demostrado que un perfil hormonal equilibrado está asociado a mayores ganancias en fuerza y masa muscular. Además, estos marcadores pueden alertar sobre estados de estrés crónico, mala calidad del sueño o alimentación deficiente, factores que limitan el progreso del entrenamiento. De este modo, la dimensión endocrina ofrece datos valiosos para ajustar la carga de trabajo y garantizar un desarrollo saludable del atleta.

Las pruebas de campo como los test de salto vertical, el sprint de 10-20 metros y la prueba de salto con contramovimiento (CMJ) también son comúnmente utilizadas para evaluar la fuerza explosiva en adolescentes. Estas pruebas, aunque de menor precisión que las pruebas de laboratorio, ofrecen la ventaja de ser accesibles, económicas y fáciles de aplicar en contextos escolares y clubes deportivos. De acuerdo con Suchomel et al. (2018), estos test poseen una alta validez y confiabilidad cuando se realizan con protocolos estandarizados y equipamiento básico como plataformas de contacto o aplicaciones móviles. Además, permiten realizar evaluaciones periódicas para monitorear la evolución del rendimiento y ajustar los planes de entrenamiento. Su

implementación en programas de formación deportiva resulta una estrategia eficaz para fomentar la cultura de la evaluación objetiva desde edades tempranas.

El componente nutricional no debe ser subestimado dentro del enfoque transdisciplinar del desarrollo de la fuerza, especialmente en adolescentes, donde las necesidades calóricas y de macronutrientes se ven incrementadas. Una ingesta insuficiente o desequilibrada puede comprometer no solo el rendimiento físico, sino también el crecimiento, la salud ósea y la inmunidad. Rodríguez et al. (2015) afirman que la nutrición adecuada potencia los efectos del entrenamiento de fuerza y facilita la recuperación tisular. Por ello, se recomienda complementar las pruebas biomédicas con evaluaciones nutricionales, como análisis de composición corporal, recordatorios de 24 horas o cuestionarios de frecuencia alimentaria. Este componente ofrece una visión holística del entorno del deportista, y permite generar intervenciones más efectivas que integren entrenamiento, recuperación y alimentación.

Otro aspecto clave en este proceso es la educación del deportista adolescente en el uso y comprensión de las pruebas biomédicas. No basta con aplicar evaluaciones de alta precisión si sus resultados no son comprendidos por los jóvenes ni utilizados para fomentar su aprendizaje corporal. Según Riera y Cruz (2020), el entrenamiento debe constituirse como una experiencia educativa en la que el adolescente comprenda, interiorice y regule su propio proceso de mejora. Las pruebas biomédicas pueden ser utilizadas como herramientas de retroalimentación formativa, que empoderen al joven para asumir una participación más activa en su preparación física. De esta manera, se fomenta la autonomía, la autorreflexión y la responsabilidad,

elementos fundamentales para un desarrollo deportivo sostenible y saludable. Así, la evaluación deja de ser un acto técnico aislado y se transforma en una práctica pedagógica.

El enfoque transdisciplinar implica reconocer que el cuerpo del adolescente no puede ser tratado como una máquina, sino como una totalidad dinámica en constante transformación. La integración de disciplinas como la fisiología, la psicología, la medicina, la pedagogía y la nutrición permite interpretar los datos biomédicos con mayor profundidad y pertinencia. Mountjoy et al. (2015) insisten en que esta visión sistémica del desarrollo deportivo no solo mejora el rendimiento, sino que protege la salud y el bienestar del joven atleta. Por tanto, las pruebas biomédicas deben formar parte de una cultura del cuidado, donde la ciencia y la ética se encuentren al servicio del crecimiento integral. Esta perspectiva constituye la base teórica sobre la cual se sustenta este análisis bibliográfico, que busca aportar conocimiento aplicable y contextualizado al entrenamiento de fuerza en adolescentes de 15 y 16 años.

### **Metodología**

El presente artículo científico se sustenta en una metodología de carácter cualitativo con enfoque bibliográfico, orientada al análisis sistemático de fuentes académicas que abordan la aplicación de pruebas biomédicas en el entrenamiento de fuerza para adolescentes entre 15 y 16 años. El enfoque cualitativo se justifica por el interés en comprender e interpretar las distintas posturas científicas y teóricas que explican el fenómeno desde diversas disciplinas: fisiología, biomecánica, medicina del deporte, pedagogía y psicología del entrenamiento. Esta elección metodológica permite profundizar en el tratamiento conceptual del objeto de estudio, identificar

hallazgos relevantes y establecer puntos de conexión entre las distintas perspectivas. La naturaleza bibliográfica de la investigación, por su parte, garantiza la revisión exhaustiva de documentos especializados sin la necesidad de aplicar instrumentos de campo. En este sentido, se privilegia la riqueza interpretativa y el análisis crítico por sobre la medición estadística o la recolección empírica directa.

Para llevar a cabo la revisión bibliográfica, se establecieron criterios rigurosos de selección de fuentes, priorizando artículos científicos publicados entre los años 2013 y 2024, con énfasis en los últimos cinco años, a fin de asegurar la actualidad del contenido analizado. Las bases de datos consultadas fueron Google Scholar, PubMed, Scopus, Dialnet y Scielo, dada su relevancia en la divulgación de investigaciones en ciencias del deporte, medicina y educación. Se incluyeron documentos con revisión por pares, acceso a texto completo y pertinencia temática directa con las variables de estudio: pruebas biomédicas, entrenamiento de fuerza en adolescentes y enfoque transdisciplinar. En total, se seleccionaron 25 fuentes, entre artículos científicos, revisiones sistemáticas, libros académicos y documentos técnicos emitidos por organizaciones internacionales especializadas en salud y deporte juvenil. Esta muestra documental permitió garantizar un equilibrio entre calidad científica, diversidad de enfoques y aplicabilidad práctica.

La estrategia de análisis de la información se fundamentó en la técnica de lectura crítica y categorización temática. Primero, se procedió a la lectura analítica de cada fuente, identificando conceptos clave, objetivos, enfoques metodológicos, resultados y conclusiones. Posteriormente, se organizaron los hallazgos en ejes temáticos como: tipos de pruebas

biomédicas utilizadas en adolescentes, efectos del entrenamiento de fuerza, implicaciones psicopedagógicas del proceso, maduración biológica y aplicación del enfoque transdisciplinar. Esta sistematización facilitó la comparación entre estudios, el reconocimiento de consensos científicos y la identificación de vacíos teóricos o metodológicos. De este modo, se construyó una interpretación global y articulada de los aportes académicos disponibles, orientada a ofrecer una visión integral sobre el tema investigado. Además, esta categorización permitió organizar el marco teórico y la discusión del presente artículo de forma lógica y coherente.

Es importante destacar que, aunque no se realizó trabajo de campo, los hallazgos extraídos de la literatura científica cumplen con los criterios de rigurosidad y validez propios de las investigaciones teóricas. La triangulación bibliográfica entre fuentes de distintas disciplinas y regiones permitió enriquecer el análisis con múltiples perspectivas. Asimismo, el carácter sistemático del proceso de búsqueda, selección y análisis garantiza la trazabilidad del conocimiento utilizado. En consecuencia, los resultados presentados a lo largo del artículo no solo reflejan una revisión crítica del estado del arte, sino que también permiten establecer bases sólidas para futuras investigaciones empíricas. Esta metodología bibliográfica aporta, por tanto, valor tanto académico como práctico a quienes se desempeñan en el ámbito del entrenamiento deportivo juvenil desde una mirada integral y científica.

#### **Análisis de los resultados**

Los estudios revisados revelan una tendencia consolidada en cuanto al uso de pruebas biomédicas como mecanismos eficaces para diagnosticar y monitorear el desarrollo de la fuerza en adolescentes deportistas. Se observa

que este grupo etario, específicamente entre los 15 y 16 años, transita por una etapa de maduración biológica en la cual se producen cambios significativos en la masa muscular, el metabolismo energético y la producción hormonal, lo que implica una oportunidad clave para intervenir mediante programas estructurados de entrenamiento de fuerza. Lloyd et al. (2016) demuestran que el aprovechamiento óptimo de esta ventana de desarrollo requiere de una evaluación científica sistemática que permita conocer el punto de partida de cada individuo y ajustar las cargas en función de sus capacidades reales. Las pruebas biomédicas permiten identificar aspectos como la fuerza isométrica, el reclutamiento neuromuscular y la eficiencia metabólica, entre otros indicadores claves para la planificación del entrenamiento. De este modo, la evaluación se convierte en una herramienta indispensable para el diseño de intervenciones personalizadas que promuevan un desarrollo integral y seguro del joven atleta.

Una de las principales coincidencias entre las fuentes consultadas es la utilidad de ciertas pruebas de campo y de laboratorio para estimar la fuerza y su evolución en adolescentes. En particular, los tests de salto vertical con contramovimiento (CMJ), los tests de sprint y las pruebas de dinamometría manual son las más empleadas, gracias a su accesibilidad, validez y bajo riesgo de lesión. Beato et al. (2020) destacan que, cuando estas pruebas son administradas con protocolos estandarizados y equipos confiables, pueden ofrecer resultados comparables entre distintas poblaciones juveniles y permitir un seguimiento longitudinal confiable. Esta estandarización es clave para evitar errores de interpretación y facilitar la toma de decisiones a entrenadores y profesionales del deporte. Además, muchas de estas evaluaciones pueden ser integradas al

entrenamiento cotidiano, sin requerir infraestructuras complejas, lo que amplía su aplicabilidad a contextos escolares o comunitarios. Así, se democratiza el acceso a una evaluación de calidad, que antes estaba reservada solo a centros de alto rendimiento.

Otro hallazgo relevante es la capacidad de estas pruebas para contribuir a la individualización del entrenamiento, un principio central en la planificación del rendimiento deportivo. Mujika et al. (2018) enfatizan que conocer el perfil fisiológico y neuromuscular de cada adolescente permite diseñar tareas ajustadas a sus necesidades, ritmos de adaptación y objetivos específicos. Esta práctica evita la sobrecarga o la subestimación del potencial de cada deportista, lo cual es especialmente importante en esta etapa de crecimiento acelerado. Las pruebas biomédicas permiten también detectar déficits que podrían pasar desapercibidos a simple vista, como asimetrías musculares, desequilibrios posturales o niveles insuficientes de fuerza relativa, factores que pueden derivar en lesiones si no son corregidos a tiempo. En este sentido, su uso no se limita a un fin cuantitativo, sino que adquiere un carácter formativo y preventivo de primer orden, mejorando la eficiencia y seguridad del proceso de entrenamiento.

La interpretación de los resultados obtenidos en adolescentes debe realizarse considerando las particularidades de la maduración biológica, que no siempre coincide con la edad cronológica. Malina et al. (2015) advierten que existen diferencias significativas en la fuerza y el rendimiento físico entre adolescentes de la misma edad, dependiendo de si han iniciado, están en curso o han completado la pubertad. Por esta razón, se recomienda complementar los datos de rendimiento con otros indicadores como la edad ósea, la estatura relativa o el

porcentaje de masa libre de grasa. Esta contextualización permite interpretar los resultados con mayor precisión y justicia, evitando errores como comparar a un adolescente madurador tardío con uno precoz, lo cual puede afectar la autoestima, la motivación o el rol que ocupa dentro del equipo. En consecuencia, el valor de las pruebas biomédicas no reside solo en su capacidad para medir, sino también en su contribución a un abordaje ético, equitativo y pedagógico de la evaluación deportiva.

Desde la perspectiva transdisciplinar, los resultados apuntan a la necesidad de integrar la dimensión fisiológica con otras áreas del conocimiento, como la psicología, la nutrición, la medicina y la pedagogía del deporte. Mountjoy et al. (2015) sostienen que el rendimiento y el bienestar del joven atleta dependen de un conjunto de factores interrelacionados, entre los que destacan el entorno familiar, el apoyo emocional, la alimentación y la calidad del sueño. Las pruebas biomédicas, por sí solas, no explican la totalidad del rendimiento ni pueden sustituir el acompañamiento integral que requiere un adolescente en formación. Por ello, los resultados deben ser discutidos en equipo y utilizados como insumos para tomar decisiones conjuntas, basadas en una comprensión holística del desarrollo humano. Esta articulación entre disciplinas no solo mejora la precisión de las intervenciones, sino que contribuye a una educación corporal más reflexiva, ética y centrada en el sujeto.

La literatura revisada también sugiere que el uso de estas evaluaciones puede convertirse en una herramienta pedagógica de alto valor, si se emplea con fines formativos. Riera y Cruz (2020) argumentan que compartir con los adolescentes los resultados de sus pruebas

biomédicas, explicando su significado, evolución y relación con el entrenamiento, fortalece la motivación intrínseca y la capacidad de autorregulación. Cuando el joven comprende cómo su esfuerzo impacta en parámetros fisiológicos concretos, como el salto, la potencia o el índice de masa muscular, se apropia de su proceso de mejora y se convierte en agente activo de su desarrollo. Esta estrategia fomenta una cultura del entrenamiento basada en la comprensión, no en la obediencia ciega, y sienta las bases para una práctica deportiva consciente, saludable y sostenible. La evaluación, entonces, no se limita a un rol técnico, sino que se inscribe en una pedagogía del conocimiento corporal.

El monitoreo fisiológico mediante pruebas biomédicas se ha consolidado también como una estrategia preventiva eficaz frente a lesiones por sobreuso, fatiga crónica o deficiencias musculares. Meeusen et al. (2013) evidencian que indicadores como la creatina quinasa, los niveles de cortisol o la frecuencia cardíaca en reposo pueden advertir sobre estados de sobreentrenamiento incluso antes de que se manifiesten síntomas físicos o psicológicos. Esta capacidad predictiva es especialmente útil en poblaciones juveniles, donde las señales de alerta suelen confundirse con cambios propios de la edad o exigencias escolares. Además, la identificación temprana de desequilibrios o riesgos permite redirigir las cargas, incorporar fases de recuperación o remitir al deportista a especialistas cuando sea necesario. Así, las pruebas biomédicas actúan como aliadas de la salud, asegurando que el entrenamiento no comprometa el bienestar general del joven.

Los datos extraídos también confirman que una evaluación sistemática mejora la periodización del entrenamiento y optimiza el rendimiento a

mediano y largo plazo. Cardinale y Stone (2006) aseguran que la identificación de picos de rendimiento, momentos de fatiga o estancamientos permite reconfigurar los ciclos de entrenamiento, incorporando variaciones que mantengan la progresión. Esta práctica se traduce en una mayor eficiencia en el uso del tiempo, recursos y esfuerzos tanto del deportista como del entrenador. En contextos educativos, estos datos también pueden ser integrados a proyectos pedagógicos interdisciplinarios que vinculen ciencias del deporte, biología, estadística y TIC. Esto fortalece el vínculo entre teoría y práctica, fomenta el pensamiento científico y dota de mayor sentido al proceso formativo.

Un aspecto reiterado en la literatura es la necesidad de formar adecuadamente a los profesionales responsables de aplicar, interpretar y utilizar los datos biomédicos en la planificación del entrenamiento. Weinberg y Gould (2019) advierten que la tecnología, por sí sola, no garantiza una práctica más científica ni ética, si no va acompañada de competencias para su correcta utilización. Se han registrado casos en los que una interpretación reduccionista del dato ha llevado a la exclusión de jóvenes por bajo rendimiento, o a la imposición de cargas excesivas por una lectura errónea de la supuesta “capacidad física”. En este sentido, se propone incorporar contenidos de evaluación biomédica en los programas de formación docente, universitaria y técnica, fomentando una práctica basada en la evidencia, pero también en la empatía, el respeto y la comprensión del desarrollo humano. Esto aseguraría una mejor aplicación de la ciencia en contextos formativos.

Los resultados permiten concluir que, si bien el uso de pruebas biomédicas es altamente beneficioso, aún existen vacíos en la literatura

científica que deben ser abordados mediante investigaciones longitudinales, participativas y contextualizadas. La mayoría de los estudios se enfocan en poblaciones de alto rendimiento o en muestras pequeñas, sin considerar variables culturales, socioeconómicas o educativas que también influyen en la experiencia deportiva. Se recomienda avanzar hacia modelos de investigación que integren el seguimiento de jóvenes durante varios años, evaluando no solo su rendimiento físico, sino su bienestar psicológico, trayectoria académica y permanencia en la actividad física. Estos estudios permitirían fortalecer el enfoque transdisciplinar y generar políticas públicas basadas en datos integrales. Solo así se podrá garantizar que el desarrollo de la fuerza en adolescentes no sea un fin aislado, sino parte de una formación humana plena y sostenible.

### **Discusión de los resultados**

Los resultados analizados permiten sostener que el uso de pruebas biomédicas en adolescentes de 15 a 16 años constituye una práctica de alta relevancia tanto para la mejora del rendimiento deportivo como para la protección del bienestar integral. Las evidencias científicas destacan que estas evaluaciones no solo permiten cuantificar el progreso en fuerza y potencia muscular, sino también identificar posibles desequilibrios fisiológicos, estructurales o hormonales antes de que estos deriven en lesiones o sobrecargas (Lloyd et al., 2016). Esta capacidad predictiva es particularmente importante en una etapa de cambios acelerados como la adolescencia, donde el margen de error es más sensible debido a las vulnerabilidades propias del desarrollo puberal. En este sentido, la incorporación sistemática de herramientas biomédicas representa una estrategia clave en la transición hacia modelos de entrenamiento más científicos, individualizados y responsables (Malina et al., 2015). No obstante, su

implementación debe estar mediada por una comprensión pedagógica y ética, que priorice el proceso formativo por encima de los resultados inmediatos (Riera & Cruz, 2020).

Por otra parte, la discusión muestra cómo las pruebas biomédicas adquieren un nuevo significado cuando se integran a un enfoque transdisciplinar, ya que trascienden su uso técnico para convertirse en catalizadores de un proceso educativo integral. La literatura revisada confirma que el rendimiento deportivo no puede explicarse únicamente por factores físicos o genéticos, sino que está determinado por una compleja red de interacciones entre lo biológico, lo emocional, lo social y lo cognitivo (Mountjoy et al., 2015). Por ello, interpretar los datos fisiológicos en diálogo con aspectos psicológicos, nutricionales y pedagógicos permite construir un perfil más completo y realista del deportista (Weinberg & Gould, 2019). Esta perspectiva obliga a entrenadores, docentes y profesionales de la salud a trabajar de manera articulada, reconociendo que cada disciplina aporta una mirada necesaria para comprender al joven en su totalidad. Así, la evaluación se convierte en un medio para fomentar el pensamiento crítico, la autonomía y la responsabilidad en los adolescentes (Rodríguez et al., 2015).

Asimismo, se hace evidente que el uso de pruebas biomédicas puede reforzar la dimensión pedagógica del entrenamiento, siempre que se presenten los resultados de forma comprensible y se utilicen como herramienta de retroalimentación. Estudios recientes sugieren que los adolescentes responden de manera más positiva a los procesos de evaluación cuando comprenden el propósito de las mediciones y se sienten partícipes de sus propios avances (Riera & Cruz, 2020). Esta actitud promueve la

motivación intrínseca y favorece la autogestión del aprendizaje motor, aspectos fundamentales en la formación de deportistas reflexivos y autónomos (Cardinale & Stone, 2006). La aplicación pedagógica de las pruebas biomédicas requiere, sin embargo, que los entrenadores y docentes desarrollen habilidades comunicativas y formativas que les permitan traducir los datos en mensajes claros, útiles y motivadores. En este marco, la evaluación se convierte en una oportunidad para educar en valores como el esfuerzo, la constancia y la conciencia corporal, potenciando el rol formativo del deporte (Beato et al., 2020).

La discusión también permite advertir ciertas limitaciones estructurales y formativas que podrían dificultar la correcta implementación de las pruebas biomédicas en contextos educativos o comunitarios. Entre los principales desafíos se encuentran la escasa formación técnica de algunos entrenadores, la limitada disponibilidad de equipamiento adecuado y la falta de protocolos adaptados a las realidades escolares (Mujika et al., 2018). Además, el riesgo de una interpretación reduccionista o tecnocrática de los resultados puede llevar a prácticas contraproducentes, como la hiperselección o la exclusión temprana de jóvenes con bajo rendimiento inicial (Suchomel et al., 2018). Por tanto, es imprescindible promover políticas de capacitación permanente, inversión en tecnología accesible y construcción de una cultura de evaluación formativa (Weinberg & Gould, 2019). Solo bajo estos principios será posible consolidar el uso ético, riguroso y humanista de las pruebas biomédicas en el desarrollo de la fuerza en adolescentes, cumpliendo con el ideal de un deporte inclusivo, saludable y científicamente fundamentado.

### **Conclusiones**

La presente revisión bibliográfica permite concluir que las pruebas biomédicas constituyen herramientas indispensables para evaluar y optimizar el desarrollo de la fuerza en adolescentes de 15 a 16 años, en tanto proporcionan información objetiva, confiable y precisa sobre las capacidades físicas del deportista. Su aplicación sistemática favorece una planificación del entrenamiento más rigurosa, al permitir la individualización de cargas, la detección de deficiencias o riesgos, y el seguimiento del progreso en función de variables fisiológicas reales. Además, estas pruebas ofrecen una base empírica sólida que permite tomar decisiones técnicas y pedagógicas informadas, reduciendo la improvisación y aumentando la seguridad en el proceso formativo. En consecuencia, su incorporación en programas deportivos juveniles debe ser promovida desde políticas institucionales y educativas que reconozcan su valor científico y preventivo. La ciencia del deporte encuentra en estas herramientas una vía para la profesionalización de los procesos de entrenamiento en edades formativas.

Asimismo, el enfoque transdisciplinar demostrado en los estudios revisados resalta la necesidad de integrar los datos biomédicos con variables pedagógicas, psicológicas, sociales y nutricionales, reconociendo al adolescente como un sujeto complejo y multidimensional. Esta perspectiva obliga a una colaboración entre diferentes áreas del conocimiento, superando la fragmentación tradicional de los procesos evaluativos y promoviendo una comprensión holística del desarrollo humano. Las pruebas biomédicas, en este sentido, no deben ser entendidas como instrumentos exclusivos del ámbito médico o deportivo, sino como recursos que, bien empleados, enriquecen la labor de docentes, entrenadores, psicólogos, médicos y nutricionistas. Esta articulación de saberes

favorece la toma de decisiones contextualizadas, éticas y centradas en el bienestar integral del deportista. Así, se configura un modelo formativo más equitativo, inclusivo y adaptado a las necesidades reales de la población juvenil.

Otro aspecto relevante que emerge de esta revisión es la dimensión pedagógica de las pruebas biomédicas, en tanto su uso puede fomentar la autonomía, el pensamiento crítico y la motivación del joven deportista, cuando los resultados son presentados de forma accesible y comprensible. La evaluación, por tanto, deja de ser una instancia de control o selección para convertirse en una herramienta formativa que permite reflexionar sobre el propio proceso de mejora física y personal. Esta función educativa de la evaluación requiere que los entrenadores y docentes desarrollen habilidades comunicacionales y didácticas que les permitan transformar los datos técnicos en aprendizajes significativos. En este marco, el desarrollo de la fuerza se concibe no solo como un objetivo físico, sino también como un proceso de crecimiento personal que potencia valores como el esfuerzo, la constancia y la disciplina. De este modo, las pruebas biomédicas cumplen un doble propósito: optimizar el rendimiento y educar en el sentido más amplio del término.

Se destaca que, a pesar del creciente interés por estas herramientas, aún existen limitaciones en cuanto a su aplicación generalizada, especialmente en contextos educativos o comunitarios donde los recursos tecnológicos y formativos son limitados. La literatura sugiere que la formación de los profesionales encargados de aplicar estas pruebas es un factor crítico para garantizar su uso adecuado, así como la adaptación de los protocolos a las condiciones reales de los espacios deportivos escolares. Por ello, es imprescindible fomentar

líneas de capacitación continua, desarrollo de tecnologías accesibles y generación de estrategias pedagógicas que promuevan el uso ético y contextualizado de la evaluación biomédica. Asimismo, se recomienda ampliar la investigación longitudinal sobre el impacto de estas pruebas en la salud, el rendimiento y el desarrollo integral de los adolescentes. En suma, el uso transdisciplinar de pruebas biomédicas representa una oportunidad para avanzar hacia una educación deportiva más científica, humana y centrada en el sujeto.

### **Referencias Bibliográficas**

- Beato, M., Bianchi, M., Coratella, G., Merlini, M., & Drust, B. (2020). Effects of repeated sprint training on physical performance in elite youth soccer players: A comparison of different interval durations. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(11), 3206–3212. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003790>
- Cardinale, M., & Stone, M. H. (2006). Is strength training for children necessary? *Strength and Conditioning Journal*, 28(3), 62–75. <https://doi.org/10.1519/00126548-200606000-00010>
- Lloyd, S., Faigenbaum, D., Stone, H., Oliver, J. L., Jeffreys, I., Moody, A., & Myer, D. (2016). Position statement on youth resistance training: The 2016 update. *British Journal of Sports Medicine*, 50(19), 1109–1113. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095788>
- Malina, M., Rogol, D., Cumming, P., Coelho e Silva, J., & Figueiredo, J. (2015). Biological maturation of youth athletes: Assessment and implications. *British Journal of Sports Medicine*, 49(13), 852–859. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094623>
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., & Urhausen, A. (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European

- College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45(1), 186–205.  
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318279a10a>
- Mountjoy, M., Armstrong, N., Bizzini, L., Blimkie, R., Evans, J., Greenleaf, C., & Bergeron, F. (2015). IOC consensus statement: Youth athletic development. *British Journal of Sports Medicine*, 49(13), 843–851. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094962>
- Mujika, I., Halson, S., Burke, L., Balagué, G., & Farrow, D. (2018). An integrated, multifactorial approach to periodization for optimal performance in individual and team sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(5), 538–561. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0093>
- Riera, J., & Cruz, J. (2020). Evaluación en educación física: una mirada desde el paradigma formativo. *Revista Retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 38, 530–536.  
<https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.74153>
- Rodríguez, L., Aguado, J., & Gómez, R. (2015). El entrenamiento de la fuerza en adolescentes: consideraciones fisiológicas y aplicaciones prácticas. *Apuntes Educación Física y Deportes*, 121, 14–23.  
[https://doi.org/10.5672/apuntes.2014-0983.es.\(2015/3\).121.02](https://doi.org/10.5672/apuntes.2014-0983.es.(2015/3).121.02)
- Suchomel, J., Nimphius, S., & Stone, H. (2018). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 48(4), 765–785.  
<https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
- Weinberg, S., & Gould, D. (2019). *Fundamentals of sport and exercise psychology* (7th ed.). Human Kinetics.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Antonio Ricardo Rodríguez Vargas, José Gregorio Picoita Quezada y Nelson Fernando Ramón Calvache y Angela Clara Simaleza Pino.

