



UGR Universidad
del Gran Rosario

Tesina

Presentada para acceder al título de grado de la carrera de Licenciatura en Actividad Física.

Título:

Estrategias de implementación del entrenamiento isométrico y sus efectos sobre el rendimiento deportivo en deportistas de competición.

Autor:

Alejo Seve de Gaston

40.361.707

Director/a:

Esp. Lic. Aloni Lautaro

Lugar:

Rosario

Fecha de presentación:

30/01/2026

Firma del autor:

Resumen

Introducción: La fuerza es un componente esencial del rendimiento deportivo a través de sus manifestaciones, dentro de ella encontramos a la fuerza isométrica que ha adquirido mayor relevancia por su potencial impacto en el rendimiento y la salud. Diversos estudios indican que las acciones isométricas participan en múltiples gestos deportivos y pueden mejorar la fuerza máxima, la velocidad de desarrollo de la fuerza y la eficiencia neuromuscular.

Sin embargo, la evidencia presenta gran heterogeneidad en variables de entrenamiento y persisten dudas sobre las diferencias entre PIMA y HIMA, así como sobre la transferencia del entrenamiento isométrico al rendimiento y la prevención de lesiones. Esta falta de consenso dificulta establecer recomendaciones claras.

Objetivos: Analizar, mediante una revisión narrativa, la implementación y los efectos del entrenamiento isométrico sobre las adaptaciones neuromusculares, el rendimiento y la prevención de lesiones en deportistas de competición.

Métodos: El trabajo de investigación se basa en una revisión narrativa con búsqueda estructurada de la literatura. La búsqueda de artículos científicos se realizó en las bases de datos PubMed, Bireme, Web of Science y SPORTDiscus, utilizando Google Scholar como fuente complementaria.

Resultados: Se recolectaron ocho artículos científicos que cumplen con los criterios de inclusión.

Conclusión: A partir de la evidencia analizada, se concluye que el entrenamiento de fuerza isométrica es una herramienta eficaz para generar adaptaciones neuromusculares en deportistas de competición, principalmente a través de mejoras en la activación neural, el reclutamiento de unidades motoras y la velocidad de desarrollo de la fuerza.

Asimismo, su efectividad depende del control de variables como la intensidad, el ángulo articular y la especificidad del gesto deportivo, lo que permite una adecuada transferencia al rendimiento dinámico. En este sentido, el entrenamiento isométrico se presenta como una estrategia complementaria válida para optimizar el rendimiento.

Palabras claves: Entrenamiento isométrico, fuerza muscular, adaptaciones musculares, deportistas de competición, velocidad de desarrollo de la fuerza.

I. INTRODUCCIÓN.	1
I.a Problemática	3
II. OBJETIVOS	3
II. a. Objetivo general	3
II. b. Objetivos específicos	3
III. MARCO TEÓRICO	4
III.a.Tejido muscular:	4
III.b.Estructura y función del músculo esquelético:	5
III.c.Unidad motora y control neural de la fuerza:	6
III.d.Tamaño y tipo de unidad motora	6
III.e.Principio del tamaño de Henneman	7
III.f.Reclutamiento de unidades motoras	7
III.g.Codificación de la descarga (rate coding)	7
III.h.Sincronización de unidades motoras	8
III.i.Potencial de acción y activación neuromuscular	8
III.j.Teoría de los deslizamientos:	9
III.k.Tipos de fibras musculares:	10
III.l.Arquitectura muscular	12
III.m.Interacción entre la longitud del fascículo, el ángulo de penación y el rendimiento muscular	12
III.n.Definición general de fuerza y tipos de contracción:	13
III.ñ.Clasificación de las manifestaciones de la fuerza:	13
Fuerza máxima:	13
III.o.Velocidad de desarrollo de la fuerza (RFD)	14
III.p.Relación entre las manifestaciones de la fuerza:	14
III.q.Implicancias para el entrenamiento deportivo	14
III.r.Bases neuromusculares del entrenamiento isométrico	15
III.s.Activación neural y reclutamiento de unidades motoras	15
III.t.Codificación de la descarga y control neural	15
III.u.Diferencias neuromusculares entre tipos de contracción isométrica	16
III.v.Implicancias neuromusculares del entrenamiento isométrico	16
IV. JUSTIFICACIÓN	17
V. MATERIALES Y MÉTODOS	18
V.a.Estrategias de búsqueda	18
VI. RESULTADOS	21
VI.a. Diagrama de flujo	22
VI.b Cuadros comparativos	23
VII. DISCUSIÓN	31
VIII. CONCLUSIÓN	33
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
X. ANEXO	36

I. INTRODUCCIÓN.

La fuerza constituye un componente esencial para el rendimiento humano y deportivo, su desarrollo sistemático resulta indispensable en la preparación física de los deportistas. Un acondicionamiento adecuado de esta capacidad depende de la comprensión integral de los procesos fisiológicos y neuromusculares que intervienen en la producción de fuerza muscular.[1]

La fuerza está definida como la capacidad que tiene un músculo de producir tensión al activarse o contraerse [2]; capacidad de ejercer tensión muscular [3], máxima tensión que puede desarrollar un músculo cuando en reposo es excitado por otro estímulo. [4]

La producción de dicha tensión se inicia con la llegada de un impulso nervioso a la unión neuromuscular, lo que desencadena una serie de procesos electroquímicos que culminan en la activación de los mecanismos contráctiles del músculo y de acuerdo a su comportamiento mecánico y el movimiento articular podemos encontrar distintos tipos de contracciones.[5]

Tipos de contracciones musculares:

Isométrica: se refiere a un tipo de contracción donde no hay movimiento visible, es decir, donde los segmentos involucrados mantienen sus ángulos articulares invariables. El hecho que haya movimiento visible no implica que no haya movimiento a nivel tendinoso-muscular, así al haber una contracción, los filamentos de actina y miosina interactúan provocando acortamiento de la masa muscular. [6]

Anisométrica: es la contracción muscular que justamente presenta movimiento visible y se la puede dividir en tres tipos.

- Concéntrica: provoca el acercamiento de los extremos óseos involucrados, también se la conoce como fase positiva de un ejercicio.[6]
- Excéntrica: movimiento por la cual hace fuerza cediendo a la carga, es decir, donde los segmentos involucrados se alejan, se conoce como fase negativa.[6]
- Trifásica: Según Verkhoshansky, este modelo de contracción es el típico de casi todo los movimientos, cuando se ejecuta un ejercicio, se inicia desde una acción excéntrica, luego acontece una breve fase isométrica y por último, se revierte la trayectoria de la carga con una contracción concéntrica. [6]

El entrenamiento de la fuerza ha sido ampliamente estudiado debido a su rol determinante en el rendimiento deportivo, especialmente en disciplinas que exigen altos niveles de fuerza, potencia y control neuromuscular.

Entre los distintos tipos de manifestaciones de la fuerza, la fuerza isométrica ha sido tradicionalmente menos abordada, a pesar de su relevancia potencial.

Verkhoshansky describe en su obra Superentrenamiento que las acciones musculares isométricas no solo están presentes en la mayoría de los movimientos deportivos complejos, sino que también constituyen un componente crucial en la fase intermedia de los modelos de contracción trifásicos, típicos del rendimiento explosivo.[6]

En el contexto del alto rendimiento, los deportistas de competición requieren desarrollar adaptaciones neuromusculares específicas que les permitan mejorar su desempeño sin comprometer su integridad física. La fuerza isométrica, definida como la capacidad de generar tensión muscular sin modificación del ángulo articular, puede ser una herramienta estratégica en la planificación del entrenamiento deportivo, tanto para potenciar el rendimiento como para prevenir lesiones. Estudios recientes han mostrado que el entrenamiento isométrico genera mejoras significativas en la fuerza máxima, en la velocidad de desarrollo de la fuerza y en la eficiencia neuromuscular, variables determinantes en disciplinas como el atletismo, ciclismo, deportes de combate y juegos de conjunto [7;8]

Además, dentro de las acciones isométricas, se distingue entre contracciones de empuje (PIMA) y de retención (HIMA), las cuales presentan diferencias en la activación muscular, el control motor y la percepción del esfuerzo [9]. La adecuada implementación de estas variantes podría optimizar los programas de fuerza en atletas de alto nivel, especialmente en fases específicas del gesto técnico o en etapas de recuperación funcional.

Las revisiones sistemáticas publicadas en la última década indican que el IST puede producir mejoras comparables e incluso superiores al entrenamiento dinámico tradicional (TST) en fuerza isométrica máxima, RFD y rendimiento en gestos dinámicos como saltos y sprints (3,5). Asimismo, se observan adaptaciones morfológicas positivas en tendón y musculatura, junto con menor percepción de fatiga aguda .[10]

No obstante, la literatura aún muestra variabilidad metodológica (duración de las repeticiones, número de series, longitud muscular entrenada) y evidencia limitada en poblaciones de élite, lo que dificulta establecer pautas universales de programación. Además, se desconoce en qué medida estas adaptaciones se traducen en prevención de lesiones o en mejoras sostenidas de rendimiento a largo plazo. [8;11]

A pesar de su creciente adopción práctica, no existe consenso sobre la mejor forma de implementar el IST en deportistas de alto rendimiento, ni sobre su efecto diferencial frente a los métodos dinámicos en variables de rendimiento y salud musculoesquelética. Esta falta de claridad genera incertidumbre entre entrenadores y preparadores físicos al momento de planificar programas de fuerza basados en evidencia.

I.a Problemática

Por lo que nos preguntamos ¿Qué efectos reporta el entrenamiento de fuerza isométrica en el rendimiento y la salud musculoesquelética de deportistas de competición?

II. OBJETIVOS

II. a. Objetivo general

- Analizar, mediante una revisión narrativa, la implementación y los efectos del entrenamiento isométrico sobre las adaptaciones neuromusculares, el rendimiento y la prevención de lesiones en deportistas de competición.

II. b. Objetivos específicos

- Describir las formas de implementación del entrenamiento isométrico en programas de preparación física para deportistas de competición (tipos, modalidad, posición articular, contexto de uso, fases del gesto técnico, etc.).
- Analizar la dosificación y características del entrenamiento isométrico empleadas en la literatura científica, incluyendo intensidad, duración y frecuencia.
- Evaluar los efectos del entrenamiento isométrico sobre indicadores de rendimiento deportivo específicos, tales como fuerza máxima, velocidad de desarrollo de fuerza (RFD), saltos y sprints.

III. MARCO TEÓRICO

III.a. Tejido muscular:

El tejido muscular está constituido por fibras especializadas capaces de generar tensión mecánica en respuesta a estímulos y de relajarse posteriormente. Este tejido es el principal responsable del movimiento corporal y del mantenimiento de la postura, así como de modificaciones en el tamaño y la forma de determinados órganos internos. Las fibras musculares contienen un elevado número de miofibrillas, estructuras intracelulares que albergan los elementos contráctiles responsables de la producción de fuerza [12;13].

Cada miofibrilla está compuesta por la disposición ordenada de filamentos contráctiles finos y gruesos, que ocupan la mayor parte del citoplasma de la fibra muscular, denominado sarcoplasma. Los filamentos finos están formados principalmente por actina, mientras que los filamentos gruesos están constituidos por miosina. La interacción entre ambos tipos de filamentos es el mecanismo fundamental que permite la generación de tensión durante la contracción muscular.[12;13]

El tejido muscular se puede clasificar según el aspecto de las células contráctiles. Tenemos el tejido muscular liso, el cual no cuenta con estriaciones transversales. Y, por otro lado, tenemos el tejido muscular estriado, en el cual las células presentan estriaciones transversales que son producidas por la organización específica de los miofilamentos finos y gruesos dentro de la fibra muscular. A su vez, el tejido muscular estriado se subclasifica de acuerdo a su ubicación:

- Tejido muscular estriado esquelético
- Tejido muscular estriado visceral
- Tejido muscular estriado cardiaco.

La unidad estructural y funcional de la fibra muscular es la miofibrilla, la cual se dispone longitudinalmente y se extiende a lo largo de toda la célula muscular. Las miofibrillas están formadas por la repetición en serie de unidades contráctiles denominadas sarcómeros, responsables de la producción de fuerza y del acortamiento muscular.[12;13]

El sarcómero es la unidad contráctil del músculo estriado y está formado por la porción de la miofibrilla comprendida entre dos líneas Z. Los filamentos de miosina II están en la porción central del sarcómero (banda A) y los filamentos de actina se fijan a la línea Z. Cuando un músculo se contrae cada sarcómero se acorta y aumenta de grosor pero, la longitud de los miofilamentos no se modifican.

El tejido muscular cuenta con proteínas primarias y accesorias. Las proteínas primarias del aparato contráctil son la miosina II (presente en los filamentos gruesos), la actina, tropomiosina y troponina (presentes en los filamentos finos). Con el músculo en reposo la tropomiosina está enrollada en la actina ocultando el sitio de unión a la miosina. Dentro de las proteínas accesorias podemos encontrar la titina (elástica), la nebulina (inelástica) y la desmina, entre otras. Estas proteínas accesorias son las encargadas de mantener la alineación de los filamentos finos y gruesos. [12]

III.b. Estructura y función del músculo esquelético:

El músculo esquelético presenta una organización interna altamente especializada que le permite generar y transmitir fuerza de manera eficiente. Cada músculo se encuentra rodeado por capas de tejido conectivo que cumplen funciones de soporte estructural y transmisión de la tensión producida durante la contracción [14].

La capa más externa, denominada epimisio, envuelve al músculo en su totalidad. En su interior se encuentran los fascículos, agrupaciones de fibras musculares rodeadas por el perimisio. A su vez, cada fibra muscular individual está recubierta por el endomisio, estructura clave en la transmisión de la fuerza hacia las estructuras tendinosas [14].

La cantidad de fibras musculares que componen un músculo varía según su función, desde músculos pequeños con algunos cientos de fibras hasta músculos voluminosos que superan ampliamente el millón de fibras musculares [14]. Las fibras musculares esqueléticas se caracterizan por ser multinucleadas, lo que favorece la síntesis proteica y la capacidad de adaptación frente a estímulos de entrenamiento de fuerza [14].

A nivel microscópico, el músculo esquelético presenta una apariencia estriada debido a la disposición ordenada de las miofibrillas, las cuales están formadas por una sucesión longitudinal de sarcómeros. En el interior de estos se encuentran los filamentos de actina y miosina, cuya organización tridimensional posibilita una producción eficiente de fuerza [14].

Además de las proteínas contráctiles, el músculo contiene proteínas estructurales accesorias, como la titina y la nebulina, que contribuyen a la estabilidad del sarcómero y a la integridad mecánica del tejido muscular durante la contracción [14].

Desde una perspectiva funcional, esta organización jerárquica del músculo esquelético resulta determinante para la capacidad de generar y sostener tensión muscular. En el entrenamiento

isométrico, la integridad estructural del músculo y de sus envolturas conectivas adquiere especial relevancia, dado que la producción de fuerza se realiza sin desplazamiento articular y depende de la adecuada transmisión interna de la tensión.

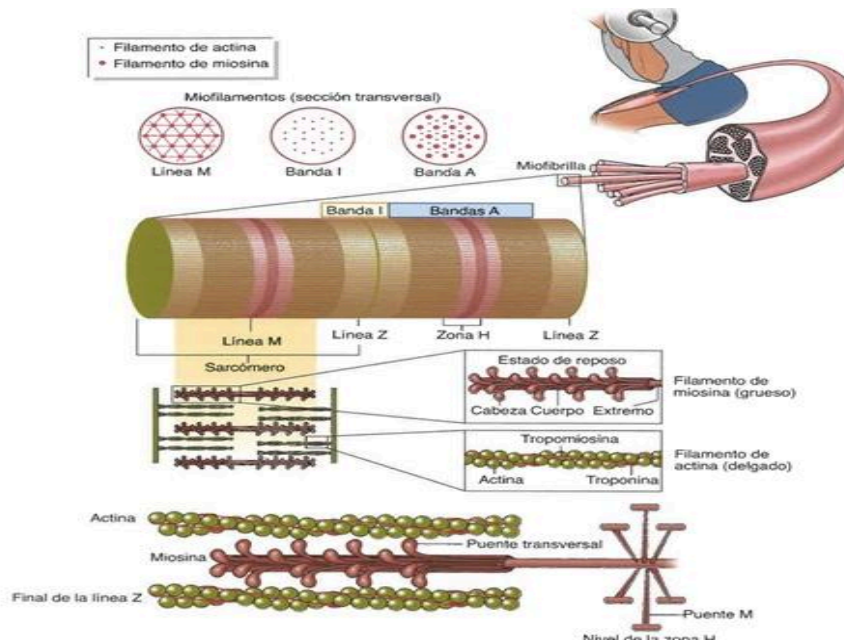


FIGURA 1.1 Secuencia macroestructural y microestructural del músculo.[15]

III.c.Unidad motora y control neural de la fuerza:

Una unidad motora se define como el conjunto funcional formado por una motoneurona alfa y todas las fibras musculares que está inerva. Todas las fibras pertenecientes a una misma unidad motora se activan de manera simultánea y responden al mismo patrón de descarga neuronal, actuando como una unidad indivisible desde el punto de vista funcional.[15]

La unidad motora representa, por lo tanto, la mínima unidad de control del sistema neuromuscular para la regulación de la fuerza y el movimiento.[15]

III.d.Tamaño y tipo de unidad motora

Las unidades motoras pueden clasificarse según el número y las características de las fibras musculares que inervan, lo que determina su capacidad funcional y su contribución a la producción de fuerza. El tamaño de la unidad motora se relaciona directamente con la magnitud de la fuerza que puede generar y con la precisión del control motor requerido en cada acción [15;16]

Las unidades motoras de menor tamaño inervan un número reducido de fibras musculares y se asocian a tareas que demandan un control fino y sostenido de la fuerza. En contraste, las unidades motoras de mayor tamaño inervan una mayor cantidad de fibras y participan principalmente en la generación de elevados niveles de fuerza [15;16]

Desde el punto de vista funcional, las unidades motoras también pueden diferenciarse según el tipo de fibras musculares que inervan, lo que influye en su velocidad de contracción, resistencia a la fatiga y respuesta frente a estímulos de entrenamiento de fuerza. Esta diversidad permite al sistema neuromuscular adaptarse a las exigencias específicas de cada tarea motora [15].

III.e.Principio de tamaño y reclutamiento de unidades motoras

El reclutamiento de las unidades motoras sigue un patrón jerárquico conocido como principio del tamaño, propuesto por Henneman. Según este principio, las unidades motoras se activan desde las de menor tamaño y menor umbral hacia las de mayor tamaño y umbral a medida que aumenta la exigencia de fuerza.[15]

Este mecanismo asegura una producción de fuerza eficiente y económica, priorizando inicialmente las unidades motoras más resistentes a la fatiga y reservando las unidades de alto umbral para situaciones que requieren elevados niveles de tensión o una rápida generación de fuerza.[15;16]

III.f.Reclutamiento de unidades motoras

El incremento de la fuerza muscular se logra, en primer lugar, mediante el aumento del número de unidades motoras activas. En contracciones de baja intensidad, solo se reclutan unidades motoras de bajo umbral; sin embargo, a medida que la demanda de fuerza se incrementa, se incorporan progresivamente unidades motoras de alto umbral.[15]

En deportistas entrenados, especialmente durante acciones explosivas o contracciones isométricas de alta intensidad, puede observarse un reclutamiento temprano de unidades motoras de alto umbral, lo que favorece una mayor producción de fuerza y una mejora en la velocidad de desarrollo de la fuerza.[17]

III.g.Codificación de la descarga (rate coding)

Además del reclutamiento de unidades motoras, la producción de fuerza depende de la frecuencia de descarga de los potenciales de acción emitidos por las motoneuronas, fenómeno conocido como rate coding. El incremento en la frecuencia de activación neural permite aumentar la tensión muscular generada por las fibras ya reclutadas [17].

A medida que la frecuencia de descarga se eleva, se produce una mayor superposición de los eventos contráctiles a nivel de las fibras musculares, lo que se traduce en un aumento sostenido de la fuerza desarrollada. Este mecanismo resulta especialmente relevante cuando el reclutamiento de nuevas unidades motoras se encuentra limitado o ya ha alcanzado su máximo [17].

III.h.Sincronización de unidades motoras

La sincronización se refiere a la activación simultánea de múltiples unidades motoras dentro de un músculo o entre músculos sinergistas. Aunque su contribución a la producción de fuerza máxima es menor que la del reclutamiento o la frecuencia de descarga, una mayor sincronización puede favorecer la producción rápida de fuerza y mejorar la estabilidad articular.[15]

Este mecanismo adquiere especial relevancia en tareas que requieren un elevado control neural, como las contracciones isométricas de retención, donde la coordinación intermuscular y el control fino de la fuerza resultan determinantes para el rendimiento y la prevención de lesiones.[15]

III.i.Potencial de acción y activación neuromuscular

La activación de la unidad motora se inicia con la generación de un potencial de acción en la motoneurona alfa. Este impulso eléctrico se propaga a lo largo del axón hasta la unión neuromuscular, donde provoca la liberación de acetilcolina en la hendidura sináptica. La unión de este neurotransmisor con los receptores nicotínicos de la membrana de la fibra muscular genera una despolarización que, si alcanza el umbral, desencadena un potencial de acción muscular.[15]

Este potencial se propaga por el sarcolema y los túbulos transversos, induciendo la liberación de calcio desde el retículo sarcoplásmico y dando inicio al proceso de acoplamiento excitación–contracción. De este modo, el potencial de acción constituye el vínculo funcional entre la señal neural y la producción de fuerza muscular.[15]

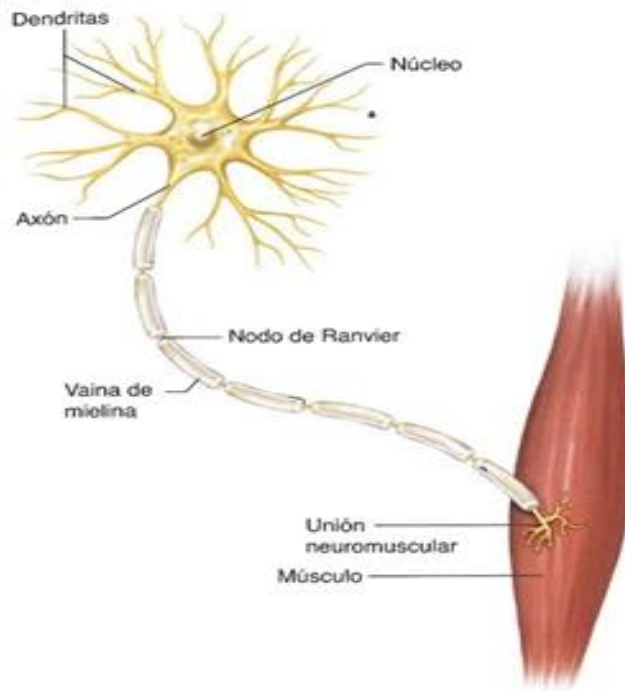


FIGURA 1.2 Representación gráfica de una unidad motora.[14]

III.j.Teoría de los deslizamientos:

La contracción del músculo esquelético se explica mediante la teoría del deslizamiento de los filamentos, la cual establece que el acortamiento muscular no se produce por una reducción en la longitud de los filamentos contráctiles, sino por el deslizamiento relativo de los filamentos delgados de actina sobre los filamentos gruesos de miosina dentro del sarcómero. Este mecanismo fue propuesto a mediados del siglo XX y continúa siendo el modelo fisiológico aceptado para explicar la producción de tensión muscular.[16]

El proceso de contracción se inicia con la llegada de un potencial de acción a la unión neuromuscular, lo que provoca la liberación de acetilcolina y la despolarización de la membrana de la fibra muscular. Esta señal se propaga a través de los túbulos T y desencadena la liberación de calcio desde el retículo sarcoplásmico hacia el citoplasma. El calcio se une a la troponina, produciendo un desplazamiento de la tropomiosina que deja expuestos los sitios activos de la actina.[16]

Una vez expuestos estos sitios, las cabezas de miosina (en presencia de ATP) se unen a la actina formando puentes cruzados. La hidrólisis del ATP permite el basculamiento de la cabeza de miosina, generando un desplazamiento del filamento de actina hacia el centro del sarcómero y produciendo tensión. Posteriormente, la unión de una nueva molécula de ATP provoca la

liberación del puente cruzado, permitiendo que el ciclo se repita mientras exista disponibilidad de calcio y energía metabólica.[16]

Este ciclo de los puentes cruzados explica la producción de fuerza tanto en acciones musculares dinámicas como isométricas. En las contracciones isométricas, aunque no se observa acortamiento del músculo ni movimiento articular, los puentes cruzados continúan formándose y rompiéndose, generando tensión interna sin desplazamiento externo. De este modo, la teoría del deslizamiento constituye la base fisiológica para comprender la generación de fuerza muscular en las distintas modalidades de contracción y su aplicación en el entrenamiento deportivo.[16]

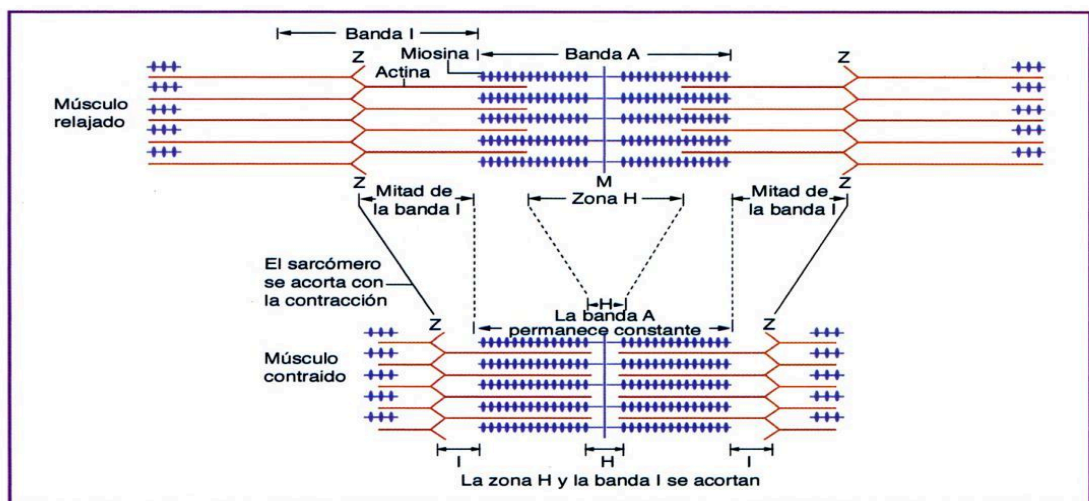


FIGURA 1.3 Representación gráfica de la unidad estructural del músculo.[16]

III.k.Tipos de fibras musculares:

En general, casi todos los métodos dividen a las fibras en 3 tipos: I – IIa – IIb(x). pura. [18]

Por su parte Staron, amplió la clasificación de la siguiente forma: Tipo I - Ic - IIc - IIac - IIa - IIab – IIb según las cadenas de miosina pesadas. Cabe aclarar que los subgrupos C son híbridos debido a que coexisten varios tipos de cadenas de miosina pesada en la misma fibra. Es importante puntualizar que utilizar tantos grupos para clasificar las fibras no impacta seriamente en los resultados en las investigaciones científicas. De todos modos, es importante destacar que las fibras que contienen cadenas de miosina pesadas mixtas serían las fibras que más se pueden modificar por entrenamiento y adoptar las características que más convenga al rendimiento físico.[17]

Una vez catalogadas las fibras se puede analizar su velocidad de contracción, su fuerza, su tensión de reposo, su densidad capilar o mitocondrial, etc. Todos estos test se realizan in vitro, es decir que la fibra muscular ha sido desconectada del sistema nervioso.[17]

Fibras lentas (tipo I)

- Baja producción de fuerza.
- Baja velocidad de contracción.
- Altamente resistentes a la fatiga.
- Poseen alta cantidad de mitocondrias y de capilares.
- Alta cantidad de mioglobina.
- Largo tiempo de pico de fuerza (90 - 140 milisegundos).

Fibras Rápidas (tipo II)

Se subdividen en dos:

Tipo IIa:

- Alta producción de fuerza.
- Alta velocidad de contracción.
- Moderada resistencia a la fatiga.
- Bajo tiempo de pico de fuerza (40 - 90 milisegundos).

Tipo IIb o IIx:

- Muy alta producción de fuerza.
- Alta velocidad de contracción.
- Poca resistencia a la fatiga.
- Bajo tiempo pico de fuerza (40 - 90 milisegundos).

La distribución de fibras en sujetos que no se entrenan es en general normal, es decir, que la mayoría de los músculos tienen, salvo algunas excepciones, alrededor de un 50% de fibras lentas y un 50% de fibras rápidas.

Sin embargo, esta distribución normal suele variar mucho cuando se considera a los deportes de tiempo y marca donde se entrena una cualidad física específica a la máxima expresión. Algunos deportes denominados de resistencia o aeróbicos como la maratón o el ciclismo de ruta muestran una tendencia de predominancia de las fibras lentas, mientras que los deportes de potencia como los velocistas y saltadores tienen una tendencia a las fibras rápidas.[17]

Cuando se analiza el rendimiento físico, podría pensarse que un entrenamiento adecuado y sostenido permitiría a cualquier persona alcanzar niveles de élite. Sin embargo, la realidad biológica muestra que, si bien todas las personas pueden mejorar su rendimiento, sólo quienes poseen determinadas características genéticas como una distribución favorable de fibras musculares logran alcanzar el máximo nivel competitivo. El entrenamiento induce adaptaciones y puede modificar parcialmente las características musculares, pero estos

cambios presentan límites, por lo que no todos los individuos pueden llegar al rendimiento de élite, aún con una preparación óptima.

III.l.Arquitectura muscular

La arquitectura muscular es definida como la disposición de las fibras musculares dentro de un músculo y es considerada uno de los principales determinantes de su función mecánica. Los principales parámetros arquitectónicos incluyen el grosor muscular, la longitud del fascículo y el ángulo de penación.

El grosor muscular se refiere al tamaño del músculo y se asocia con la cantidad de fibras musculares dispuestas en paralelo. Un mayor grosor muscular se vincula con un incremento en el potencial de generación de fuerza.

La longitud del fascículo corresponde a la longitud de los haces de fibras musculares y constituye un determinante clave de la capacidad de acortamiento del músculo. Fascículos de mayor longitud permiten mayores velocidades de acortamiento y una mayor producción de fuerza a una velocidad de acortamiento determinada.

El ángulo de penación es definido como el ángulo formado entre las fibras musculares y la línea de acción del músculo. Un mayor ángulo de penación permite el empaquetamiento de una mayor cantidad de fibras musculares dentro de un volumen determinado, lo que se asocia con un aumento de la fuerza generada, aunque con una reducción concomitante de la velocidad de acortamiento.[18]

III.m.Interacción entre la longitud del fascículo, el ángulo de penación y el rendimiento muscular

La relación entre la longitud del fascículo, el ángulo de penación y el rendimiento muscular es considerada multifactorial y dependiente de la interacción entre variables estructurales y funcionales del músculo. La longitud del fascículo se encuentra estrechamente vinculada con la velocidad máxima de acortamiento muscular, dado que los fascículos de mayor longitud permiten un mayor desplazamiento de las fibras por unidad de tiempo. En consecuencia, esta característica estructural se asocia con contracciones musculares más rápidas y con la posibilidad de alcanzar mayores velocidades angulares articulares durante la ejecución del movimiento.

Por su parte, el ángulo de penetración se relaciona principalmente con la capacidad máxima de generación de fuerza del músculo. Un incremento en dicho ángulo permite el empaquetamiento de una mayor cantidad de fibras musculares dentro de un volumen determinado, lo que favorece una mayor producción de fuerza. Sin embargo, esta disposición geométrica implica una orientación oblicua de las fibras respecto a la línea de acción del músculo, lo que conlleva una reducción relativa de la velocidad de acortamiento en comparación con músculos cuyas fibras se disponen de manera más paralela.

De este modo, el rendimiento muscular resulta del equilibrio entre estas características arquitectónicas, donde la longitud del fascículo favorece la velocidad de contracción, mientras que el ángulo de penetración optimiza la producción de fuerza, condicionando las capacidades funcionales del músculo según las demandas específicas del gesto deportivo.[18]

III.n. Definición general de fuerza y tipos de contracción:

Desde el ámbito del entrenamiento deportivo, la fuerza se manifiesta como la capacidad del sistema neuromuscular para generar tensión y aplicar dicha tensión sobre una resistencia externa con el fin de producir o controlar el movimiento. Esta capacidad no se expresa de manera uniforme, sino que adopta diferentes manifestaciones en función del tiempo disponible para generar fuerza, la velocidad del movimiento y las demandas específicas del gesto deportivo.

En este sentido, el rendimiento deportivo no depende exclusivamente de la magnitud máxima de fuerza que un deportista es capaz de producir, sino también de la rapidez con la que dicha fuerza puede desarrollarse y aplicarse en contextos dinámicos y de alta exigencia temporal.[19]

III.ñ. Clasificación de las manifestaciones de la fuerza:

Fuerza máxima:

La fuerza máxima se define como la mayor cantidad de fuerza que el sistema neuromuscular puede generar de manera voluntaria en una acción determinada. Esta manifestación constituye la base sobre la cual se desarrollan otras expresiones de la fuerza, ya que niveles elevados de fuerza máxima amplían el potencial para producir fuerza en menores intervalos de tiempo.[19]

En el ámbito del alto rendimiento, la fuerza máxima resulta determinante en deportes donde se requiere vencer grandes resistencias externas o estabilizar cargas elevadas, así como en acciones isométricas de alta intensidad, frecuentes en numerosos gestos deportivos.[19]

Fuerza explosiva:

La fuerza explosiva hace referencia a la capacidad de generar elevados niveles de fuerza en el menor tiempo posible. A diferencia de la fuerza máxima, su expresión está condicionada por la velocidad de activación neuromuscular y por la capacidad de reclutamiento rápido de unidades motoras.[19]

Esta manifestación resulta clave en deportes caracterizados por acciones breves y de alta intensidad, como sprints, saltos, cambios de dirección y gestos técnicos específicos de disciplinas de tiempo y marca o deportes de conjunto.[19]

III.o.Velocidad de desarrollo de la fuerza (RFD)

La velocidad de desarrollo de la fuerza (Rate of Force Development, RFD) describe la pendiente de la curva fuerza-tiempo y representa la rapidez con la que un deportista es capaz de incrementar la fuerza desde el inicio de la contracción. Esta variable adquiere especial relevancia cuando el tiempo disponible para producir fuerza es limitado, como ocurre en la mayoría de las acciones deportivas de carácter explosivo.[19]

A diferencia de la fuerza máxima, que puede expresarse en intervalos prolongados, la RFD refleja adaptaciones neurales tempranas relacionadas con el reclutamiento inicial de unidades motoras, la frecuencia de disparo y la sincronización neuromuscular.[19]

III.p.Relación entre las manifestaciones de la fuerza:

Aunque la fuerza máxima, la fuerza explosiva y la RFD representan manifestaciones distintas, estas se encuentran estrechamente relacionadas. Un mayor nivel de fuerza máxima incrementa el techo potencial para la producción de fuerza rápida; sin embargo, elevados valores de fuerza máxima no garantizan, por sí solos, una alta RFD.[19]

Por este motivo, en deportistas de competición resulta fundamental aplicar estrategias de entrenamiento que desarrollen de manera específica cada manifestación de la fuerza, respetando las demandas temporales y mecánicas propias de cada disciplina.[19]

III.q.Implicancias para el entrenamiento deportivo

Desde una perspectiva aplicada, el entrenamiento de la fuerza debe orientarse no solo al incremento de la fuerza máxima, sino también a optimizar la capacidad de generar fuerza en

períodos de tiempo reducidos. En este contexto, métodos como el entrenamiento isométrico de alta intensidad adquieren relevancia, ya que permiten desarrollar elevados niveles de tensión muscular en intervalos cortos, favoreciendo adaptaciones neurales asociadas a la RFD.[19]

Asimismo, la utilización estratégica de acciones isométricas puede contribuir al desarrollo de la fuerza explosiva y a la transferencia de las ganancias de fuerza hacia gestos deportivos específicos, especialmente cuando se respetan principios de especificidad en cuanto al ángulo articular y la intención de ejecución.[19].

III.r.Bases neuromusculares del entrenamiento isométrico

El entrenamiento isométrico se caracteriza por la producción de fuerza sin cambios apreciables en la longitud del músculo, lo que genera un estímulo específico a nivel neuromuscular. En deportistas entrenados, las adaptaciones inducidas por este tipo de contracción han sido atribuidas principalmente a mecanismos neurales, más que a modificaciones estructurales del tejido muscular.

III.s.Activación neural y reclutamiento de unidades motoras

Diversos estudios han evidenciado que el entrenamiento isométrico es capaz de incrementar la activación voluntaria máxima, particularmente cuando se ejecuta a altas intensidades y con máxima intención de contracción. En este sentido, se ha observado un aumento en el reclutamiento de unidades motoras de alto umbral, lo cual resulta determinante para el desarrollo de elevados niveles de fuerza y potencia inicial .[8]

Asimismo, se ha señalado que la magnitud de las adaptaciones neuromusculares depende de variables específicas del estímulo isométrico, tales como la intensidad aplicada, la longitud muscular en la que se realiza la contracción y la intención del sujeto durante la ejecución. Estas variables influyen directamente sobre el patrón de activación neural y sobre la eficiencia del reclutamiento motor.[8]

III.t.Codificación de la descarga y control neural

Además del reclutamiento de unidades motoras, el entrenamiento isométrico afecta los mecanismos de codificación de la descarga neural. Se ha propuesto que las mejoras observadas en la producción de fuerza isométrica y en la velocidad de desarrollo de la fuerza (RFD) se

relacionan con un aumento en la frecuencia de disparo de las motoneuronas y con una mayor sincronización intermuscular, especialmente en fases iniciales de la contracción.[8]

Estos mecanismos adquieren especial relevancia en contextos deportivos donde la producción rápida de fuerza resulta determinante, y donde las adaptaciones neurales preceden a los cambios morfológicos.[8]

III.u.Diferencias neuromusculares entre tipos de contracción isométrica

El entrenamiento isométrico no constituye un estímulo homogéneo desde el punto de vista neuromuscular. Investigaciones recientes han demostrado la existencia de diferencias significativas entre las acciones isométricas de empuje (PIMA) y las de retención (HIMA), tanto en los patrones de activación muscular como en el control neural requerido para su ejecución.[9]

Las contracciones de retención se asocian a una mayor demanda de control neural y estabilidad, presentando patrones de activación diferenciados en comparación con las acciones de empuje. Estas diferencias sugieren que el sistema neuromuscular responde de manera específica según el tipo de tarea isométrica, lo cual debe ser considerado al momento de planificar programas de entrenamiento orientados al rendimiento o a la prevención de lesiones.[9]

III.v.Implicancias neuromusculares del entrenamiento isométrico

Las adaptaciones neurales inducidas por el entrenamiento isométrico explican, en gran medida, las mejoras observadas en la fuerza máxima, la RFD y el control motor, incluso en ausencia de incrementos significativos en la masa muscular. Estas características posicionan al entrenamiento isométrico como una herramienta eficaz para intervenir sobre el sistema neuromuscular en deportistas de competición, especialmente en fases donde se busca minimizar el estrés mecánico sin comprometer la estimulación neural.[8;9]

A partir del desarrollo de los fundamentos estructurales y neuromusculares del músculo esquelético, se evidencia que la producción de fuerza depende de una interacción compleja entre la organización mecánica del tejido muscular y los mecanismos de control neural.

En este sentido, el entrenamiento isométrico constituye un estímulo específico que pone en juego procesos como el reclutamiento y la frecuencia de descarga de las unidades motoras, así como la capacidad del músculo para generar y sostener tensión sin desplazamiento articular.

Si bien los mecanismos fisiológicos asociados a la producción de fuerza en contracciones isométricas, como las adaptaciones neurales tempranas, el aumento de la activación voluntaria y las modificaciones en la rigidez musculotendinosa han sido descritos en la literatura especializada, persiste la necesidad de analizar en qué medida dichas adaptaciones se traducen en mejoras del rendimiento deportivo, particularmente en gestos dinámicos propios del contexto competitivo

. En este sentido, resulta pertinente abordar, mediante una revisión narrativa, el impacto del entrenamiento isométrico sobre el rendimiento, con el objetivo de vincular los fundamentos fisiológicos con su aplicación práctica en el ámbito deportivo.

IV. JUSTIFICACIÓN

El entrenamiento de fuerza isométrica (IST) ha ganado creciente interés en el ámbito del alto rendimiento debido a su capacidad de generar adaptaciones neuromusculares y morfológicas específicas, con un riesgo reducido de lesión y una menor fatiga comparado con otros métodos tradicionales de fuerza. A pesar de su creciente aplicación en la práctica deportiva, la evidencia científica que respalde de forma contundente su efectividad en deportistas de competición aún es limitada y dispersa.

Considerando la importancia de la fuerza como una capacidad determinante en el rendimiento deportivo, y la necesidad de optimizar métodos de entrenamiento que mejoren de forma específica y segura la performance atlética, resulta fundamental realizar una revisión crítica de la literatura sobre los efectos del IST en atletas de alto nivel. Esta investigación permitirá comprender mejor las adaptaciones inducidas, orientar estrategias de planificación deportiva, y ofrecer alternativas válidas para contextos de entrenamiento donde la reducción de la carga mecánica o la especificidad del gesto técnico sean prioritarias.

La presente tesis busca así contribuir al cuerpo de conocimientos científicos disponibles y ofrecer herramientas prácticas para entrenadores, preparadores físicos y deportistas, potenciando un enfoque basado en la evidencia en el diseño de programas de fuerza en el alto rendimiento.

De esta manera, la investigación pretende aportar no solo al conocimiento académico, sino también a la mejora de la práctica profesional en contextos deportivos de alto rendimiento.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

Para esta revisión narrativa con búsqueda estructurada se utilizaron las siguientes bases de datos: PubMed, Bireme, Web of Science, SPORTDiscus y, como fuente complementaria, Google Scholar.

No se aplicaron protocolos PRISMA ni análisis formal de riesgo de sesgo.

Solo se tuvieron en cuenta artículos científicos publicados entre 2010 y 2025 que se encuentren en inglés o español y a texto completo.

Palabras clave	Términos DeCS	Términos MeSH	Términos libres
Contracción isométrica	Contracción Isométrica	Isometric Contraction	
Deportistas de alto rendimiento	Atletas	Athlete Athlete, Elite Athlete, Professional	
Entrenamiento de fuerza	Entrenamiento de Fuerza	Resistance Training	
Adaptaciones musculares	Adaptación Fisiológica	Adaptation, Physiological	
Adaptaciones morfológicas			

V.a. Estrategias de búsqueda:

1-("Isometric Contraction" AND "Resistance Training" AND "Athlete")

2-("Athlete, Elite" AND "Physiological Adaptation")

3-("Deportistas de alto rendimiento" OR "Atletas") AND "Adaptaciones musculares"

Bireme.

4-("Isometric Contraction" AND "Resistance Training" AND "Adaptation, Physiological")

Crterios de inclusión

- Participantes: deportistas de competición (profesionales, élite o federados).
- Estudios que analicen adaptaciones neuromusculares, morfológicas o efectos sobre el rendimiento asociados al entrenamiento isométrico.
- Tipos de estudio: estudios experimentales.

Criterios de exclusión

- Estudios realizados en niños o poblaciones no deportistas.
- Intervenciones que no incluyan fuerza isométrica como variable principal.
- Informes de caso, cartas al editor o tesis no publicadas.

Pubmed

Estrategia	Página	Total	Filtros	Artículos
(Isometric contraction) AND (resistance) AND (athlete).	Pubmed	1143	130	1
(Athlete, elite) AND (Physiological Adaptation)	Pubmed	2792	209	
(Isometric contraction) AND (athlete)	Pubmed	6008	390	3

Bireme

Estrategia	Página	Total	Filtros	Artículos
Contracción isométrica AND entrenamiento de fuerza AND atleta	Bireme	39	37	4
Contracción isométrica AND adaptacion fisiologica	Bireme	520	80	0
Contracción isométrica AND atletas	Bireme	247	85	0

Criterio de relevancia temática

La búsqueda bibliográfica inicial arrojó un volumen amplio de publicaciones relacionadas con el entrenamiento isométrico. Sin embargo, una parte considerable de los estudios identificados se vinculaba con aplicaciones clínicas o terapéuticas, tales como intervenciones en pacientes con patologías cardiovasculares, oncológicas o procesos de rehabilitación, las cuales no se corresponden con el objetivo de la presente revisión.

En función del propósito de analizar la implementación del entrenamiento isométrico en el ámbito del rendimiento deportivo, se establecieron criterios de relevancia temática que orientaron el proceso de selección final.

Fueron incluidos aquellos estudios que:

- Evaluaron intervenciones o pruebas aplicadas a deportistas de competición
- Analizaron variables relacionadas con la fuerza máxima, la tasa de desarrollo de la fuerza (RFD), el rendimiento en salto o sprint, o indicadores funcionales asociados al rendimiento deportivo;
- Presentaron diseños experimentales, cuasiexperimentales o correlacionales con aplicación en el ámbito deportivo.

Fueron excluidos los estudios cuyo enfoque principal correspondía a poblaciones clínicas, intervenciones de carácter exclusivamente terapéutico o investigaciones sin relación directa con el rendimiento físico-deportivo.

Como resultado de este proceso de selección, se incluyeron ocho estudios que cumplieron con los criterios establecidos y que permitieron abordar de manera específica la relación entre entrenamiento isométrico y rendimiento deportivo.

VI. RESULTADOS

La búsqueda bibliográfica inicial arrojó un número elevado de publicaciones relacionadas con el entrenamiento isométrico. Tras la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos, orientados a la relevancia temática en deportistas de competición y variables vinculadas al rendimiento físico, el número de estudios fue reducido a ocho investigaciones que cumplieron con los criterios definidos.

Los estudios seleccionados presentaron una marcada heterogeneidad metodológica en relación con el diseño experimental, las características de la muestra, los protocolos de intervención, la intensidad aplicada, el tiempo bajo tensión, los ángulos articulares evaluados y las variables de resultado analizadas. Esta variabilidad limita la comparación directa entre investigaciones y dificulta la identificación de parámetros universales de aplicación del entrenamiento isométrico.

No obstante, dicha heterogeneidad permitió identificar patrones comunes en relación con la especificidad articular, la intensidad del estímulo y la transferencia al rendimiento deportivo, aspectos que serán analizados en profundidad en la sección de Discusión.

Pubmed

En total fueron recuperados 9943 artículos utilizando las combinaciones de palabras mencionadas anteriormente. Luego de aplicar los filtros de búsqueda: artículos científicos revisados por pares, publicados entre 2010 y 2025, estudios en inglés o español, que la población sean deportistas de competición o federados, estudios que analicen adaptaciones musculares y estudios del tipo experimentales quedaron 729 artículos.

De estos 729 artículos fueron descartados 725 por no cumplir con el objetivo específico de analizar la transferencia del entrenamiento isométrico al rendimiento deportivo en contextos competitivos. Entre los principales motivos de exclusión se identificaron: estudios centrados en poblaciones recreacionales o clínicas, investigaciones orientadas exclusivamente a variables fisiológicas sin evaluación de rendimiento funcional, diseños observacionales sin intervención, o intervenciones que no incorporan protocolos isométricos claramente definidos.

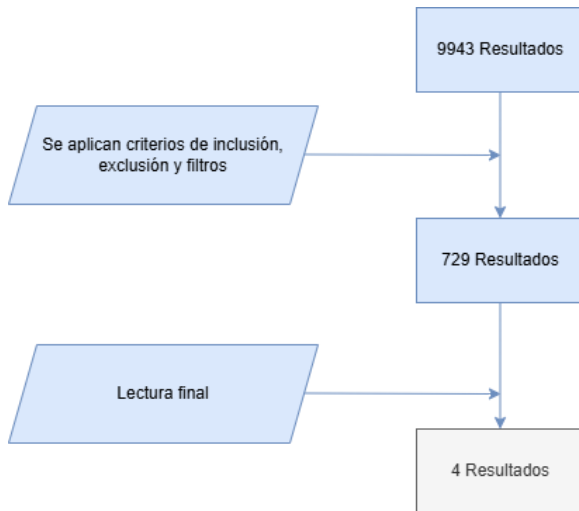
Bireme

En total fueron recuperados 806 artículos utilizando las combinaciones de palabras mencionadas anteriormente. Luego de aplicar los filtros de búsqueda: artículos científicos revisados por pares, publicados entre 2010 y 2025, estudios en inglés o español, que la población sean deportistas de competición o federados, estudios que analicen adaptaciones musculares y estudios del tipo experimentales quedaron 202 artículos. De estos 202 artículos fueron descartados 198 por no cumplir con el objetivo específico de analizar la transferencia del entrenamiento isométrico al rendimiento deportivo en contextos competitivos. Entre los

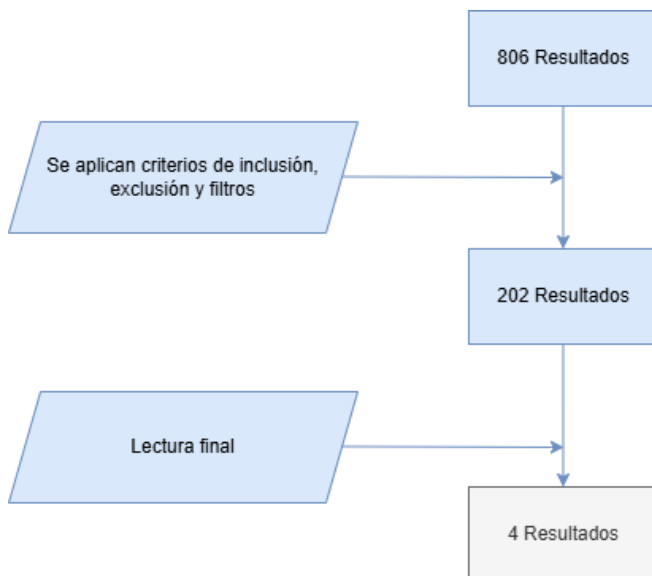
principales motivos de exclusión se identificaron: estudios centrados en poblaciones recreacionales o clínicas, investigaciones orientadas exclusivamente a variables fisiológicas sin evaluación de rendimiento funcional, diseños observacionales sin intervención, o intervenciones que no incorporan protocolos isométricos claramente definidos.

VI.a. Diagrama de flujo

PubMed



Bireme



VI.b Cuadros comparativos

Autor y año	Thorarinsdottir S, Johansen SI, Elvestad TRA, Amundsen R, Bache-Mathiesen LK, Bahr R, et al.2025 [20]
Tipo de estudio	Ensayo clínico aleatorizado
Objetivo	Evaluar si un protocolo de alto volumen del Adductor Strengthening Programme (ASP) es más eficaz que uno de bajo volumen para incrementar y mantener la fuerza de aductores isométricos en futbolistas femeninas.
Población	52 jugadoras de fútbol de las 1ª y 2ª divisiones femeninas de Noruega (adultas)
Intervención realizada	Programa de fortalecimiento de aductores de 8 semanas en dos volúmenes: bajo (220 reps/lado) vs. alto (394 reps/lado). Ambos grupos luego realizaron un programa de mantenimiento de 10 semanas con 1 sesión/semana.
Evaluación	Fuerza de aducción de cadera isométrica (torque en Nm/kg) medida con <i>long-lever squeeze test</i> en dos ángulos (0° y 15°) con ForceFrame, medido en semanas 0, 4, 6, 8 y 18
Resultados	Ambos protocolos (alto y bajo volumen) aumentaron significativamente la fuerza isométrica de aductores tras 8 semanas y la mantuvieron tras 10 semanas de mantenimiento. No hubo diferencias significativas entre grupos ni en 0° ni en 15° de abducción.

Autor y año	Dos'Santos T, Thomas C, Jones PA, McMahon JJ, Comfort P. 2017 [21]
Tipo de estudio	Ensayo controlado aleatorio
Objetivo	Comparar la fuerza máxima (PF) de tracción isométrica en medio muslo (IMTP), los valores de fuerza específicos del tiempo (100, 150 y 200 ms), la tasa de desarrollo de fuerza (RFD) en bandas de tiempo predeterminadas (0-100, 0-150 y 0-200 ms) y las fuerzas netas entre 2 ángulos de articulación de cadera comúnmente adoptados (145°[hip 145] y 175°[hip 175]) con un ángulo de rodilla estandarizado de 145
Población	Veintiocho atletas universitarios (edad: 21,7 ± 1,5 años, altura: 1,75 ± 0,08 m, masa: 81,5 ± 8,4 kg)
Intervención realizada	Evaluación de IMTP en dos posturas diferentes de cadera con ángulos estandarizados, con repetición aleatorizada y contrabalanceada.
Evaluación	Fuerza pico (PF), valores de fuerza a tiempos específicos (100-, 150-, 200 ms), RFD en bandas temporales (0-100, 0-150, 0-200 ms) y fuerzas netas por postura; confiabilidad entre sesiones también analizada
Resultados	Postura con cadera a 145° generó mayores valores de fuerza en tiempos específicos, mayor RFD y fuerzas netas comparado con 175°; la mayoría de las medidas presentaron alta fiabilidad entre sesiones

Autor y año	Tsoukos A, Bogdanis GC, Terzis G, Veliekas P. 2016 [22]
Tipo de estudio	Ensayo controlado aleatorio
Objetivo	Examinar los efectos agudos de las sentadillas isométricas máximas en 2 ángulos de rodilla diferentes (90 o 140°) en el rendimiento del salto con contramovimiento (CMJ) en atletas de potencia.
Población	Catorce atletas de potencia masculinos de pista y campo a nivel nacional
Intervención realizada	Tres series de contracciones isométricas máximas de sentadilla (3 s cada una, 1 min de descanso) en dos ángulos de rodilla diferentes (90° y 140°), con condición control sin contracción
Evaluación	Medición del salto vertical (CMJ) mediante plataforma de fuerzas antes y a los 15 s, 3, 6, 9 y 12 min después de la intervención isométrica
Resultados	<p>El salto vertical (CMJ) mejoró significativamente respecto al basal solo después de contracciones isométricas a 140°, con aumento de ~3,8 % al minuto 12 post-contracción.</p> <p>No hubo mejora significativa tras isometría a 90°, y la condición control mostró disminución del rendimiento con el tiempo.</p> <p>La mejora fue mayor en participantes con mayor rendimiento de salto inicial</p>

Autor y año	Fletcher JR, Esau SP, MacIntosh BR.2010 [23]
Tipo de estudio	Ensayo controlado aleatorio
Objetivo	Determinar si los cambios en la rigidez del tendón del tríceps sural (TST K) podrían afectar la economía de carrera (RE) en corredores de distancia altamente entrenados.
Población	12 corredores masculinos de distancia entrenados de alto nivel ($VO_2\text{max} \approx 67.4 \pm 4.6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)
Intervención realizada	Entrenamiento isométrico de los músculos de la pantorrilla: 4 series de contracciones isométricas de 20 s al 80 % del momento máximo voluntario de flexión plantar, 3 veces/semana durante 8 semanas. Continuaron con su entrenamiento habitual de carrera.
Evaluación	Rigidez del tendón de Aquiles medida con ultrasonido y dinamometría cada 2 semanas economía de carrera (EC) evaluada por espirometría en 3 velocidades submáximas (75 %, 85 % y 95 % de velocidad de umbral de lactato)
Resultados	El entrenamiento isométrico no produjo un aumento promedio significativo en la rigidez del tendón de Aquiles ni en la economía de carrera en comparación con el grupo control. Sin embargo, hubo una relación positiva significativa entre cambios individuales en rigidez tendinosa y mejoras en economía de carrera ($r^2 = 0.43$, $p = 0.02$), independientemente del grupo asignado.

Autor y año	O'Connor C, Coyle E, McIntyre M, Delahunt E, Thorborg K. 2021.[24]
Tipo de estudio	Comparar la generación de fuerza isométrica máxima entre la contracción del aductor de cadera con palanca larga, el ejercicio de Aducción de Copenhague (AC) con solo la masa corporal y el ejercicio isométrico de AC con peso
Objetivo	Estudio transversal
Población	Cuarenta y cuatro jugadores de rugby
Intervención realizada	Fuerza isométrica máxima de contracción de aducción de cadera en la posición de prueba con palanca larga
Evaluación	datos de fuerza isométrica máxima en el ejercicio isométrico de AC y en el ejercicio isométrico de AC con peso, con carga creciente.
Resultados	Se observó un torque (Nm/kg) significativamente mayor ($p \leq 0,05$) en los atletas al realizar un ejercicio de CA isométrico ponderado con: 105% masa corporal (0,22Nm/kg, +6,8%), 110% masa corporal (0,44Nm/kg, +13,1%), 120% masa corporal (0,80Nm/kg, +22,6%), 130% masa corporal (1,16Nm/kg, +31,3%), 140% masa corporal (1,58Nm/kg, +40,8%) y 150% masa corporal (1,96Nm/kg, +48,3%), en comparación con el ejercicio de CA isométrico, con un tamaño del efecto grande (ES = 1,372-5,196). También se observó un torque significativamente mayor en comparación con el ejercicio de aducción isométrica de cadera con compresión con palanca larga, con un tamaño del efecto alto (ES = 2,022-4,091).

Autor y año	Geary K, Green BS, Delahunt E.2014 [25]
Tipo de estudio	Estudio de laboratorio controlado
Objetivo	Investigar la efectividad de un programa de fortalecimiento del cuello en el perfil de fuerza isométrica del cuello de jugadores masculinos de rugby union
Población	Quince jugadores de rugby union profesionales y 10 semiprofesionales
Intervención realizada	realizaron una intervención de fortalecimiento del cuello de 5 semanas, que se realizó dos veces por semana, mientras que los 10 jugadores semiprofesionales actuaron como grupo de control
Evaluación	La fuerza isométrica de la musculatura del cuello se evaluó utilizando un dinamómetro de mano, para flexión (F), extensión (E), flexión del lado izquierdo (LSF) y flexión del lado derecho (RSF). Se realizaron evaluaciones previas y posteriores a la intervención
Resultados	No se observaron diferencias significativas entre los grupos en la fuerza isométrica del cuello antes de la intervención. Se observó un efecto principal significativo para el tiempo ($P < 0,05$), por el cual el grupo de intervención aumentó la fuerza isométrica del cuello en todos los planos después de la intervención de 5 semanas (F preintervención = $334,45 \pm 39,31$ N vs F postintervención $396,05 \pm 75,55$ N; E preintervención = $606,19 \pm 97,34$ vs E postintervención = $733,88 \pm 127,16$ N; LSF preintervención = $555,56 \pm 88,34$ N vs LSF postintervención = $657,14 \pm 122,99$ N; RSF preintervención = $570,00 \pm 106,53$ N vs RSF postintervención = $668,00 \pm 142,18$ N). No se observó una mejora significativa en la fuerza del cuello para los participantes del grupo de control

Autor y año	Ojeda AH, Jerez-Mayorga D, Galdames Maliqueo S, Martínez García D, Rodríguez-Perea Á, Arias Poblete L, et al.2021 [26]
Tipo de estudio	
Objetivo	Determinar la influencia de la fuerza isométrica máxima (FIM) ejercida en los bloques de salida sobre el rendimiento en sprints de 5, 10 y 20 metros
Población	Siete velocistas de alto nivel del sexo masculino (promedio \pm SD = 28,0 \pm 5,7 años)
Intervención realizada	Las variables fueron: a) FMI en sentadillas y en tacos de salida (medida utilizando un dinamómetro electromecánico funcional [FEMD]), b) tiempo en sprints de 5, 10 y 20 m y c) altura del salto (medida mediante el test de salto en sentadilla)
Evaluación	Para el análisis de los datos, se realizó una correlación de Pearson entre las diferentes variables. Los criterios para interpretar la fuerza de los coeficientes r fueron los siguientes: trivial (<0,1), pequeño (0,1–0,3), moderado (0,3–0,5), alto (0,5–0,7), muy alto (0,7–0,9) o prácticamente perfecto (>0,9).
Resultados	Hubo correlación muy alta entre la FIM ejercida en los bloques de salida y el rendimiento en los primeros metros del sprint (5-m: r = -0,84, p = 0,01). Sin embargo, la correlación entre la FIM en sentadilla y los primeros metros de sprint fue pequeña (5-m: r = -0,22, p < 0,62).

Autor y año	Wang R, Hoffman JR, Tanigawa S, Miramonti AA, La Monica MB, Beyer KS, et al.2016 [27]
Tipo de estudio	
Objetivo	Examinar las relaciones entre la fuerza de tracción isométrica a medio muslo (IMTP) y el rendimiento en fuerza, sprint y agilidad en jugadores universitarios de rugby union
Población	Quince miembros de un equipo de rugby unión de un club universitario de nivel campeón (media \pm DE: 20,67 \pm 1,23 años, 1,78 \pm 0,06 m y 86,51 \pm 14,18 kg)
Intervención realizada	Se realizaron pruebas de una repetición máxima (1RM) en sentadilla, IMTP, velocidad (sprint de 40 m) y agilidad (prueba de proagilidad y prueba T) durante tres sesiones de prueba independientes. Se determinaron la tasa de desarrollo de fuerza (RFD) y la fuerza de salida a los 30, 50, 90, 100, 150, 200 y 250 milisegundos de IMTP, así como el valor pico.
Evaluación	Se utilizó el análisis de correlación producto-momento de Pearson para examinar las relaciones entre estas medidas.
Resultados	Los resultados de esta investigación indican que las variables IMTP están significativamente asociadas con la fuerza, la agilidad y el rendimiento en sprint. Estudios futuros deberían examinar el IMTP como una herramienta potencial para monitorear el rendimiento atlético durante el entrenamiento diario de los jugadores de rugby.

VII. DISCUSIÓN

La presente revisión narrativa permitió analizar la implementación del entrenamiento isométrico y sus efectos sobre las adaptaciones neuromusculares y el rendimiento deportivo en deportistas de competición. En relación con el objetivo general planteado, la evidencia analizada sugeriría que el entrenamiento isométrico no constituye un estímulo uniforme ni universalmente transferible, sino que sus efectos se encuentran fuertemente condicionados por variables como el ángulo articular, la intensidad del estímulo, el tiempo bajo tensión y la especificidad biomecánica con el gesto deportivo específico.

En primer lugar, se observó que no todos los estudios incluidos reportaron efectos positivos directos del entrenamiento isométrico sobre el rendimiento deportivo. Mientras que diversas investigaciones evidenciaron mejoras significativas en variables como la fuerza isométrica máxima, la tasa de desarrollo de la fuerza (RFD) y el rendimiento en tareas específicas como el salto o el sprint [20;22;24;27], otros trabajos no encontraron cambios relevantes en variables funcionales o de rendimiento global, a pesar de aplicar protocolos de entrenamiento isométrico sistemáticos [23]. Esta heterogeneidad de resultados pone de manifiesto la necesidad de analizar los efectos del entrenamiento isométrico en función de las características metodológicas y biomecánicas de cada protocolo, evitando interpretaciones generalizadas.

Uno de los factores más consistentes identificados en la literatura fue la influencia del ángulo articular sobre la magnitud y la transferencia de las adaptaciones inducidas. Estudios que utilizaron pruebas como el *isometric mid-thigh pull* demostraron que posiciones con aproximadamente 125–145° de extensión de rodilla (equivalentes a 35–55° de flexión) y 140–150° de extensión de cadera generaron diferencias significativas en la fuerza máxima y en la tasa de desarrollo de la fuerza (RFD), evidenciándose que variaciones relativamente pequeñas en la posición articular modificaron sustancialmente las fuerzas expresadas en intervalos temporales específicos [21].

De manera concordante, investigaciones que analizaron los efectos agudos de contracciones isométricas máximas en ejercicios como la sentadilla isométrica demostraron mejoras en el rendimiento del salto cuando la contracción fue realizada en ángulos cercanos a 80–100° de flexión de rodilla, posiciones que se aproximan a la fase de impulso del salto vertical. En contraste, cuando las contracciones fueron ejecutadas en ángulos más extendidos (por

ejemplo, superiores a 120° de flexión o en rangos alejados de la posición funcional del gesto), no se observaron mejoras significativas en el rendimiento evaluado [22].

Desde una perspectiva fisiológica y biomecánica, la ausencia de transferencia identificada en determinados estudios podría explicarse por una baja congruencia entre el ángulo de entrenamiento y las posiciones determinantes del gesto competitivo, o por la aplicación de estímulos genéricos que no reproducen las demandas mecánicas específicas del deporte [23]. En tales casos, las adaptaciones obtenidas en términos de fuerza máxima isométrica no necesariamente se traducen en mejoras en tareas dinámicas complejas, lo que refuerza la importancia del principio de especificidad en la prescripción del entrenamiento.

En relación con la dosificación del estímulo, los protocolos analizados mostraron una marcada heterogeneidad en cuanto a la intensidad de contracción, el tiempo bajo tensión, el volumen total y la frecuencia semanal. No obstante, se observó una tendencia a que aquellos estudios que emplearon contracciones isométricas de alta intensidad y una duración adecuada del tiempo bajo tensión reportan mayores adaptaciones en la fuerza isométrica máxima y en el control neuromuscular [20;24;25]. Por el contrario, los protocolos que utilizaron intensidades moderadas o estímulos poco específicos tendieron a mostrar efectos limitados o altamente variables sobre el rendimiento, lo que refuerza la importancia de una manipulación precisa de estas variables.

Asimismo, la evidencia revisada respaldó la inclusión del entrenamiento isométrico como complemento del entrenamiento dinámico tradicional, especialmente en deportes que demandan una elevada producción de fuerza en tiempos reducidos. Sin embargo, la magnitud de las adaptaciones observadas pareció depender tanto del nivel de entrenamiento del deportista como de la congruencia biomecánica entre el estímulo aplicado y el gesto competitivo analizado [26;29]. Esta variabilidad interindividual refuerza la necesidad de una prescripción individualizada del entrenamiento isométrico.

En conjunto, los resultados analizados sugieren que el entrenamiento isométrico puede constituir una herramienta eficaz dentro de los programas de preparación física, siempre que su aplicación se encuentre alineada con los principios de especificidad, individualización y transferencia funcional. Las discrepancias observadas entre estudios no invalidan su utilidad, sino que destacan la necesidad de continuar investigando los parámetros óptimos de aplicación y su relación con el rendimiento deportivo.

VIII. CONCLUSIÓN

En función del objetivo general de analizar la implementación y los efectos del entrenamiento isométrico en deportistas de competición, se concluye que esta modalidad podría ser una herramienta eficaz y adaptable dentro de la preparación física contemporánea, siempre que su prescripción responda a criterios de especificidad, individualización y coherencia con las demandas del deporte.

La evidencia analizada sugiere que las formas de implementación del entrenamiento isométrico, particularmente la selección del ángulo articular y el contexto del gesto deportivo, se relacionarían estrechamente asociadas con las adaptaciones neuromusculares obtenidas.

En este sentido, se evidencia en los estudios revisados la utilización de intensidades elevadas de contracción, generalmente cercanas al 80-90% de la contracción voluntaria máxima.

Asimismo, la dosificación del estímulo isométrico, en términos de intensidad, duración de la contracción y número de repeticiones, se vincularía con las adaptaciones neuromusculares observadas, evidenciándose mayores mejoras cuando son empleadas contracciones de alta intensidad y de corta a moderada duración. No obstante, la marcada heterogeneidad de los protocolos analizados, junto con la ausencia de criterios estandarizados para la prescripción del entrenamiento isométrico, limita la formulación de recomendaciones universales, lo que pone de manifiesto la necesidad de futuras investigaciones que permitan optimizar y sistematizar su aplicación en deportistas de competición.

En relación con el rendimiento deportivo, los resultados obtenidos respaldarían la inclusión del entrenamiento isométrico como complemento de métodos tradicionales, mostrando potencial para mejorar indicadores clave como fuerza máxima, RFD, salto y sprint, especialmente en deportes de carácter explosivo. En cuanto a la prevención de lesiones, si bien la evidencia directa es limitada, los beneficios observados sobre la estabilidad articular y la tolerancia a cargas elevadas sugieren un posible rol preventivo que justifica su aplicación estratégica y la necesidad de futuras investigaciones específicas.

En síntesis, el entrenamiento isométrico emerge como una herramienta válida dentro de la preparación física del deportista de competición, aunque se reconoce la necesidad de estudios futuros con diseños más robustos y homogéneos que permitan profundizar en su impacto sobre la prevención de lesiones y optimizar su prescripción en distintos contextos deportivos.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bompa TO, Buzzichelli C. Periodización del entrenamiento de la fuerza. 5ª ed. Barcelona: Paidotribo; 2015.
2. Badillo JJ. Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. Barcelona: INDE; 1997.
3. Alarcón F. Fundamentos del entrenamiento de la fuerza muscular. Buenos Aires: Stadium; 2005.
4. Suárez I. Fisiología del ejercicio. La Habana: Editorial Científico-Técnica; 1991.
5. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Fisiología del ejercicio: energía, nutrición y rendimiento humano. Barcelona: Paidotribo; 2010.
6. Verkhoshansky YV, Siff MC. Superentrenamiento. 6ª ed. Barcelona: Paidotribo; 2000.
7. Lum D, Barbosa TM. Isometric strength training benefits on dynamic performance: a systematic review. *J Sports Sci Med.* 2019;18(3):469-482.
8. Oranchuk DJ, Storey AG, Nelson AR, Cronin JB. Isometric training and long-term adaptations: effects of muscle length, intensity and intent. *J Sports Sci.* 2019;37(7):715-727.
9. Seidel M, Klaußner J, Roehrig M, et al. Neuromuscular differences between pushing and holding isometric muscle actions. *Eur J Appl Physiol.* 2017;117(9):1873-1884.
10. Kordi M, Folland JP, Goodall S, et al. Isometric resistance training specific to cycling improves maximum power in elite sprint cyclists. *Scand J Med Sci Sports.* 2020;30(9):1594-1604.
11. Wilson JM, Marin PJ, Rhea MR, et al. Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *J Strength Cond Res.* 2012;26(8):2293-2307.
12. Ross MH, Pawlina W. Histología: texto y atlas color con biología celular y molecular. 5ª ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2010.
13. Guyton AC, Hall JE. Tratado de fisiología médica. 12ª ed. Barcelona: Elsevier; 2011.
14. Schoenfeld BJ. Ciencia y desarrollo de la hipertrofia muscular. Badalona: Paidotribo; 2017.
15. Enoka RM. Neuromechanics of human movement. 5th ed. Champaign (IL): Human Kinetics; 2015.
16. López-Chicharro J, Fernández-Vaquero A. Fisiología del ejercicio. 4ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2022.
17. Cappa DF. Fisiología y entrenamiento neuromuscular. 1ª ed. Catamarca: Editorial Científica Universitaria; 2019.

18. Couceiro A. Explorando el engranaje arquitectónico: el motor dinámico detrás del rendimiento muscular [Internet]. Disponible en: <https://arielcouceiro.online/post/explorando-el-engranaje-arquitectonico-el-motor-dinamico-detras-del-rendimiento-muscular>.
19. Zatsiorsky VM, Kraemer WJ. Science and practice of strength training. 2nd ed. Champaign (IL): Human Kinetics; 2006.
20. Thorarinsdottir S, Isaksen Johansen S, Ruud Askim Elvestad T, et al. El efecto de un protocolo de 8 semanas de bajo o alto volumen del Programa de Fortalecimiento de Aductores en la fuerza de aducción de cadera en jugadoras de fútbol: un ensayo aleatorizado. *Scand J Med Sci Sports*. 2025;35(3):e70039.
21. Dos'Santos T, Thomas C, Jones PA, McMahon JJ, Comfort P. El efecto del ángulo de la articulación de la cadera en la cinética isométrica de tracción del muslo medio. *J Strength Cond Res*. 2017;31(10):2748-2757.
22. Tsoukos A, Bogdanis GC, Terzis G, Veligeas P. La mejora aguda del rendimiento en salto vertical tras sentadillas isométricas depende del ángulo de la rodilla y la capacidad de salto vertical. *J Strength Cond Res*. 2016;30(8):2250-2257.
23. Fletcher JR, Esau SP, MacIntosh BR. Changes in tendon stiffness and running economy in highly trained distance runners. *Eur J Appl Physiol*. 2010;110(5):1037-1046.
24. O'Connor C, Coyle E, McIntyre M, Delahunt E, Thorborg K. A comparison of force generation in isometric hip adductor strength exercises: introducing the weighted isometric Copenhagen adduction exercise. *Phys Ther Sport*. 2025;72:46-52.
25. Geary K, Green BS, Delahunt E. Effects of neck strength training on isometric neck strength in rugby union players. *Clin J Sport Med*. 2014;24(6):502-508.
26. Ojeda AH, Jerez-Mayorga D, Maliqueo SG, et al. Influence of maximal isometric strength on 20-meter sprint time. *Rev Bras Med Esporte*. 2021;27(1):60-64.
27. Wang R, Hoffman JR, Tanigawa S, et al. Isometric mid-thigh pull correlates with strength, sprint, and agility performance in collegiate rugby union players. *J Strength Cond Res*. 2016;30(11):3051-3056.

X. ANEXO

Carta de aceptación del Director de la Tesina

Rosario, 30/01/2026

Sr. Director de la

Licenciatura en Actividad Física

Lic. Martin Santi.

S _____ / _____ D

De mi mayor consideración:

Me dirijo a Ud. con motivo de informarle en mi calidad de Director de de la Tesina de graduación titulada "Estrategias de implementación del entrenamiento isométrico y sus efectos sobre el rendimiento deportivo en deportistas de competición", cuya autoría corresponde a Seve de Gastón Alejo que la misma cumple con los requisitos necesarios para su presentación final.

Sin otro particular, lo saluda atte.

Firma:



