CAPÍTULO 4

Medicina Deportiva: Contexto, Retos y Perspectivas

Sports Medicine: Context, Challenges and Perspectives

Luis Piragauta Ardila
Universidad de Boyacá
https://orcid.org/0000-0003-3929-1186
luipiragauta@uniboyaca.edu.co

Catalina Piraquive Fandiño
Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud
https://orcid.org/0009-0007-0202-2480
cypiraquive@fucsalud.edu.co

Andrés Felipe Porto
Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud
https://orcid.org/0009-0007-2016-5653
afporto@fucsalud.edu.co

Resumen

Este capítulo está dirigido a médicos y cualquier lector interesado en comprender la labor de los especialistas en medicina de la actividad física y del deporte. Su propósito es ampliar el entendimiento de que esta especialidad no se limita a la gestión de deportistas de alto rendimiento, sino que también abarca la evaluación de la condición física en diversas poblaciones y los efectos morfofuncionales del ejercicio. A través de una revisión detallada de la literatura científica y la experiencia clínica, se exploran las diferentes áreas de la especialidad. Se describen métodos de prescripción de ejercicio físico comparables a la dosificación de medicamentos, ajustados a las necesidades específicas de cada paciente, considerando tanto sus condiciones de salud como posibles riesgos. Se presentan evidencias sobre los beneficios del ejercicio

Cita este capítulo / *Cite this chapter*

Piragauta Ardila L, Piraquive Fandiño C, Felipe Porto A. Medicina Deportiva: Contexto, Retos y Perspectivas. En: Calero Saa PA, editor. *Elementos básicos de la rehabilitación deportiva: una mirada multidisciplinaria. Tomo I: fundamentos de la salud física y la actividad deportiva*. Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali; 2026. p. 127-150. https://doi.org/10.35985/9786287914155.4

regular en la salud física y mental, así como recomendaciones específicas para la prescripción de ejercicio en diferentes poblaciones, incluyendo pacientes con patologías como hipoglucemia y enfermedades coronarias. El capítulo destaca la importancia de la promoción y prevención en salud, subrayando que la medicina de la actividad física es una especialidad emergente que necesita mayor difusión y reconocimiento. Se espera que este libro sirva como un recurso valioso tanto para médicos generales como para especialistas, fomentando una mayor integración de esta disciplina en la práctica médica.

Palabras clave: Medicina deportiva, Rol del Médico, Traumatismos en Atletas

Abstract

This chapter is aimed at doctors and anyone interested in understanding the work of specialists in physical activity and sports medicine. Its purpose is to broaden the understanding that this specialty is not limited to managing high-performance athletes but also encompasses the assessment of physical condition in various populations and the morphofunctional changes resulting from exercise. Through a detailed review of scientific literature and clinical experience, different areas of the specialty are explored. Exercise prescription methods are described, comparable to medication dosing, tailored to the specific needs of each patient, considering both health conditions and potential risks. Evidence is presented on the benefits of regular exercise for physical and mental health, as well as specific recommendations for prescribing exercise in different populations, including patients with conditions such as hypoglycemia and coronary heart disease. The chapter emphasizes the importance of health promotion and prevention, highlighting that physical activity medicine is an emerging specialty that needs greater dissemination and recognition. It is hoped that this book will serve as a valuable resource for both general practitioners and specialists, fostering greater integration of this discipline into medical practice.

Keywords: *Sports Medicine, Physician's Role, Athletic Injuries*

Introducción

"Todo fluye, nada permanece"

—Heráclito de Éfeso

Este libro ha sido escrito para un amplio espectro de lectores, desde médicos hasta cualquier persona interesada en comprender el papel de los especialistas en medicina de la actividad física y del deporte. Es crucial entender que nuestra labor no se limita al manejo de deportistas de alto rendimiento. También abordamos la evaluación de la condición física en diferentes poblaciones y analizamos los cambios morfofuncionales que resultan del ejercicio, tanto en individuos activos como en aquellos con patologías subyacentes (1).

Nuestra especialidad implica la prescripción precisa de actividad física, ejercicio o deporte, similar a cómo un médico determina la dosis óptima de un medicamento. Prescribimos una "dosis" de ejercicio adaptada a las características y condiciones de salud de cada paciente. Aunque el ejercicio es esencial para la salud, su mal manejo o exceso puede generar efectos adversos (2). Por ejemplo, en un paciente con hipoglucemia, es fundamental considerar si puede realizar ejercicio de manera regular, a qué intensidad, y qué riesgos existen, como la posibilidad de inducir una hipoglucemia severa. De igual modo, en pacientes con enfermedad coronaria, es necesario discernir en qué casos el ejercicio es beneficioso y en cuáles no lo es (3). Estas preguntas, entre otras, son fundamentales en la práctica de nuestra especialidad.

Además, abogamos por la promoción de la salud y la prevención de enfermedades. Esta especialidad, relativamente nueva, aún es desconocida para muchos médicos, en parte porque no se enseña de manera uniforme en todas las universidades. En este libro se incluyen conceptos básicos, evidencia científica sobre los beneficios del ejercicio regular en la salud mental y física (4), y guías para la prescripción de ejercicio en diferentes poblaciones (5). También abordamos las escalas de clasificación de riesgo (6) y otros aspectos relevantes, como la nutrición y la medicación. Creemos que este libro servirá de guía y referencia tanto para la medicina general como para otras especialidades médicas, y contribuirá a una mayor integración de nuestra disciplina en la práctica clínica.

Historia de Medicina de la Actividad Física y del Deporte

Cuando hablamos del campo de la medicina, nos podemos estar refiriendo a una ciencia muy amplia por toda la gran variedad de campos, disciplinas, especialidades médicas y médico quirúrgicas que abarca. Cabe resaltar que en los últimos años y posterior a la pandemia de la covid-19 ha tomado una gran importancia la medicina deportiva, esta especialidad no solo se limita a la valoración y tratamiento de pacientes de alto rendimiento o padecimientos solo relacionados con el ejercicio, sino que también tiene relación con el campo de la medicina en general. Esta rama es independiente de la ortopedia y traumatología; los médicos que la practican tienen un gran conocimiento de enfermedades crónicas, metabólicas, cardiovasculares, pulmonares y, además, énfasis en promoción y prevención de la enfermedad (7), sin dejar de lado el manejo de los atletas profesionales, de alto rendimiento, de deportistas aficionados y de los que realizan actividad física o ejercicio de manera cotidiana. También cuentan con conocimiento de gran parte de la semiología en ortopedia y traumatología, como la integración de la nutrición, su esfera psicológica y social (8). Cabe resaltar que esta especialidad no es moderna, ni del siglo XXI, tiene sus raíces en los asiáticos en el 800 a. n. e. Además de los hindúes, los chinos y los griegos, en su mayor propagación se dio gracias a las trayectorias y trabajos de Galeno(9). Hace al menos unos 5000 años los monjes taoístas en China realizaban ejercicios para lograr la purificación de su alma y cuerpo por medio de la combinación de ejercicios coordinados con la respiración, lo que en su momento, fue denominado “gimnasia sueca”, la cual ya era conocida por la dinastía Huang Ti en el 2.500 a. n. e. (10), Se iniciaron grandes registros en la antigua Grecia para las olimpiadas, donde esta no era practicada por médicos, ya que aún faltaba mucho para que estos surgieran, sino que era dirigida por entrenadores e instructores, los cuales creaban manuales para la práctica deportiva y la prevención de lesiones según el deporte. El surgimiento de los médicos se dio hasta el siglo II d. C. en el Imperio Romano, donde los deportistas eran los gladiadores que recibían toda la atención médica; a pesar de ser parte de la esclavitud, se encontraban en su mejor estado de salud y en forma física para competir. El primer médico deportivo fue el Dr. Claudio Galeno de Pérgamo (131 a 201 a. n. e.) médico y profesor de educación física, siendo el que dio atención médica a los gladiadores, dando la importancia de la opinión médica en todas las actividades deportivas y dedicando gran parte de su vida al estudio de la medicina deportiva, le dio mucha credibilidad al masaje deportivo, pero, en el momento en que se derrota al imperio Romano con el también esta especialidad fue sepultada.

El resurgimiento de la medicina deportiva ocurrió en el siglo XX, específicamente durante los Juegos Olímpicos de Invierno de 1928 en St. Moritz, donde se realizaron investigaciones pioneras por los profesores Buytendijk y Kohlrausch (11). En este contexto, el médico alemán Ernst Jokl (1907-1997) se dedicó a investigar y desarrollar esta disciplina con una visión innovadora, primero en Berlín y luego como expatriado en Sudáfrica y más tarde en Estados Unidos. Jokl fue uno de los fundadores del American College of Sports Medicine, la principal organización de medicina deportiva en EE. UU. (12).

Por otro lado, el Dr. Augustus Thorndike (1896-1986), profesor en la Universidad de Harvard, también realizó importantes contribuciones a la Medicina del Deporte. Promovió políticas para el deporte competitivo que requerían la presencia de un médico en eventos de contacto, quien debía evaluar si un atleta lesionado podía seguir compitiendo. Además, participó en el desarrollo de indumentaria protectora para futbolistas y defendió el uso de cascos en jugadores de hockey, estableciendo así un enfoque en la higiene y la salud de los deportistas. (13)

En el siglo XXI, la medicina deportiva se centra en mejorar la salud en general a través de un enfoque especializado que incluye ejercicios, planes nutricionales adecuados, y terapias para la regeneración muscular y ósea, facilitando así la recuperación de lesiones y patologías en diversas etapas del deporte. También se ocupa de prevenir el impacto negativo en el rendimiento físico de los atletas, tanto a corto como a largo plazo (14). El médico lleva a cabo un análisis exhaustivo de las lesiones y realiza un examen físico detallado, considerando los factores de riesgo implicados. A partir de ahí, determina el tratamiento más adecuado y sugiere ajustes en los hábitos diarios para acelerar la recuperación. Uno de los objetivos clave es prevenir lesiones o traumas que puedan surgir durante la práctica deportiva. Además, se investiga cómo la falta de ejercicio afecta la salud, con el propósito de ofrecer soluciones en términos de prevención, tratamiento y rehabilitación (15).

En Colombia, en 1980, se revitalizó la división médica de Coldeportes, designando al Dr. Carlos Efraín Sánchez como jefe de la medicina deportiva, seguido del nombramiento del Dr. Hernando Plata Luque. Durante la undécima edición de los Juegos Nacionales en la capital del Huila, diferentes regiones del país se preparaban para mostrar los resultados de sus programas de entrenamiento en las diversas modalidades deportivas. Como era habitual, Valle, Bogotá y Antioquia se preparaban para demostrar su liderazgo en el ámbito nacional (16).

Cada delegación departamental designó a uno o varios médicos para brindar atención a sus deportistas en temas de salud y asesoría médica. Los médicos asistentes se reunieron en varias ocasiones para discutir la planificación del apoyo médico en los eventos deportivos, revisar conceptos bioquímicos relacionados con el doping y compartir ideas sobre distintos aspectos de la medicina deportiva.

Además de las lesiones traumáticas que suelen ocurrir en el deporte, se reportaron numerosos casos de faringitis viral y, con frecuencia, trastornos de hidratación, algunos provocados por la sudoración excesiva y otros derivados de problemas gastrointestinales. La diarrea aguda fue probablemente la molestia más común entre los competidores y el personal visitante, atribuida a varias causas como cambios en la alimentación, contaminación de bebidas e infecciones virales. Las medidas terapéuticas básicas fueron efectivas para controlar el brote, y solo en contadas ocasiones se requirió la administración de líquidos por vía intravenosa.

El Dr. Elkin Martínez presentó una evaluación exhaustiva de las acciones del grupo médico deportivo nacional del sistema Coldeportes y de la FMD-COLOMBIA. Posteriormente, se reflexionó sobre el futuro más adecuado para la agremiación y se acordó de manera unánime la creación de una nueva Junta Directiva que representará a ambas organizaciones, ahora unidas en ACOMEDEF (Asociación Colombiana de Medicina del Deporte y la Educación Física).

La Asamblea dio la bienvenida a todos los miembros de la recién formada Federación Médico-Deportiva de Colombia, con el propósito principal de consolidar los esfuerzos en una única entidad. Esta nueva organización se comprometerá a mantener los principios establecidos por ACOMEDEF, promoviendo el desarrollo de la Medicina Deportiva en Colombia y velando por el bienestar de los profesionales dedicados a la actividad física (17).

Un médico especializado en actividad física y deporte en Colombia se adentra en conocimientos específicos que se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Disciplinas básicas:** fisiología, anatomía y biomecánica del ejercicio.
- **Disciplinas clínicas:** prevención, tratamiento y rehabilitación de lesiones deportivas y enfermedades.
- **Ciencias aplicadas al deporte:** psicología, nutrición, cineantropometría y entrenamiento deportivo.

Este profesional entiende las capacidades físicas necesarias para cada deporte y cómo se pueden desarrollar. Además, puede establecer protocolos de prevención de lesiones, apoyándose en su formación en entrenamiento deportivo y fisiología (18). También tiene la capacidad de prescribir ejercicio como una herramienta tanto preventiva como terapéutica para personas con sobrepeso, obesidad, diabetes y otras condiciones que afectan su calidad de vida, utilizando la actividad física como un complemento para mejorar su salud (19,20).

Funciones

- **Tratamiento de enfermedades y lesiones deportivas:** Esta es la razón principal por la que los pacientes buscan médicos especializados en deporte. Actualmente, el uso de diversas técnicas y equipos para ejercitarse en casa sin la supervisión de un entrenador ha incrementado la frecuencia de lesiones (21,22)
- **Evaluación médica:** Incluye la valoración de la capacidad funcional y metabólica, lo cual es fundamental, especialmente para los atletas profesionales (23).
- **Evaluación nutricional:** La alimentación desempeña un papel crucial en el deporte, ya que una dieta inadecuada puede aumentar la predisposición a lesiones y otros problemas de salud (24, 25)
- **Desarrollo de capacidades y adaptaciones en el entrenamiento** (26).
- **Supervisión médica del entrenamiento.**
- **Fisiología del ejercicio** (27).
- **Investigación en medicina deportiva.**
- **Acciones educativas para la población:** La medicina del deporte no solo se centra en los atletas, sino que también busca impactar a la población general.
- **Prevención y rehabilitación de patologías, traumas y lesiones asociadas al deporte y ejercicio.**
- **Tratamiento a través de la actividad física** (5,28).
- **Prevención del dopaje en el deporte.**

En Colombia la especialización de medicina de la actividad física y del deporte, tiene una formación durante 3 años, encontrándose en 6 seis universidades:

- Universidad de Antioquia - Jefe de programa Doctor Jorge Alberto Osorio Ciro, siendo pioneros en Colombia.
- Universidad del Bosque - Jefe de programa Doctor Juan Manuel Sarmiento Castañeda. Siendo los pioneros en la ciudad de Bogotá.
- Universidad de ciencias de la salud, FUCS - Jefe de programa y fundador del Programa Doctor Juan Carlos Galvis.
- Universidad Nacional - fundador del programa Doctor Serrato. jefe Dr Camilo Poveda
- Universidad Pontificia Bolivariana, jefe del servicio Dr. Javier Mario Jiménez
- Universidad de Boyacá - Fundador del programa Doctor Camilo Camargo, actual Jefe Dr. Mojica. Calificado desde el año 2019, siendo el programa más reciente.

La medicina del deporte es, al menos en Colombia, una especialidad médica con un enfoque clínico no quirúrgico. Sus intervenciones no son invasivas ni quirúrgicas, centrándose en el manejo médico y procedimientos mínimamente invasivos. Esta disciplina se dedica al estudio de los cambios fisiológicos que ocurren en el ser humano en relación con la actividad física, el ejercicio y el deporte, tanto de manera aguda como crónica. A partir de este análisis fisiológico, se adoptan estrategias de intervención basadas en aspectos neuromotores, nutricionales y mentales, con el objetivo de mejorar el bienestar físico, social y emocional. Estas intervenciones se aplican tanto a deportistas que buscan optimizar su rendimiento deportivo, como a personas sanas con metas personales, así como a individuos con patologías que pueden beneficiarse de esta especialidad médica.

A lo largo de la historia se han visto múltiples beneficios del ejercicio en el ser humano, y es acá donde interviene un médico con formación en medicina deportiva, pues tiene dos áreas grandes en su práctica clínica: la atención a la población deportista y a la no deportista, y la intervención mediante el ejercicio y la actividad física. Para abordar este capítulo, vamos a hablar de ambas con un poco más de profundidad en el ámbito deportivo por el enfoque general del libro.

Para iniciar, veremos la población no deportista, la cual abarca a todas las personas que no practican ejercicio con fines de competencia y no son remuneradas económicamente por eso. De esta gran población podemos tener una primera subdivisión, que sería la población que realiza ejercicio por algún tipo específico de patología o las personas sanas que realizan ejercicio con objetivos específicos individuales que no tienen patologías.

La población con algún tipo de patología se puede atender en el ámbito hospitalario, ya sea por interconsulta de forma intrahospitalaria o en internación, o por consulta externa, ya sea en una institución hospitalaria, consultorio médico-privado, gimnasios, etc. En el modelo hospitalario el deportólogo es quien idea, elabora y ejecuta programas de prevención y promoción de la salud para lograr objetivos con impactos positivos en la salud de los pacientes mediante la prescripción del ejercicio individualizado. Es así como se elaboran programas de atención e intervención de pacientes con estancia hospitalaria mayor de 48 horas y hasta su egreso de la institución, por síndrome de desacondicionamiento físico, sarcopenia, inmovilidad, sedentarismo, y todas aquellas condiciones desencadenadas por la disminución marcada de la contracción muscular esquelética o la abolición completa y consciente por parte del paciente y médicos tratantes. Dentro de las patologías más importantes a impactar con ejercicio se encuentran las de origen cardíaco y pulmonar, que están hemodinámicamente estables, pues múltiples estudios han mostrado los múltiples beneficios de la contracción del músculo esquelético en estos pacientes, logrando mejoría física, emocional y social del paciente (19,29).

De los Programas

Ahora bien, la pregunta sería: ¿cómo idear estos programas de prevención y promoción de la salud? Y lo primero que habría que hacer es caracterizar la población de la institución prestadora de servicios de salud en la cual quiero proponer un programa de salud mediante el ejercicio, ejemplos de esto serían: instituciones con énfasis en pacientes pediátricos, con patologías cardiacas, pulmonares, unidades renales, geriátricos, instituciones con énfasis materno-fetal, psiquiátricos, unidades de cuidados intensivos, del paciente quemado, amputados, oncológicos, etc.; después de tener el foco en la población, debe ser más específico y determinar las patologías más prevalentes entendidas en la institución, y de esta manera lograre establecer unos objetivos específicos y generales según las personas a intervenir, cuales son mis objetivos generales en dicha población, ¿quiero impactar en la morbimortalidad? ¿Quiero impactar

en el desacondicionamiento físico? ¿Quiero disminuir los síntomas de la quimioterapia? ¿Quiero mejorar mis niveles de glucemia? Etc.

Después de esto ya tendré la población caracterizada, con las patologías más prevalentes y los objetivos generales a lograr. Sin embargo, falta la intervención que es el acto más importante de un deportólogo, la prescripción del ejercicio, y para lograrlo de la mejor manera debo realizar el programa de rehabilitación individualizado del paciente que incluye tres esferas grandes: la mental, física y la social, por lo cual como rehabilitador de la institución hará:

1. Evaluación mental y social, inicial mediante encuestas validadas para dicho fin, y así establecer la necesidad de valoración por un especialista en el área, sea psicólogo o psiquiatra según los hallazgos.
2. Evaluación física que incluye:
    - Respuesta a interconsulta
    - Historia clínica médico deportiva del paciente
    - Batería de pruebas físicas adaptadas a las características del paciente y la institución donde se esté prestando el servicio.
    - Evaluación de independencia del paciente
    - Determinar los objetivos específicos que me llevarán al objetivo general según el caso y/o patología de cada paciente.
3. La Prescripción del Ejercicio con todo lo anterior, esta debe ser individualizada sin olvidar los objetivos generales del programa diseñado.

Del Papel de Rehabilitador - Coordinador

La medicina de la actividad física, con énfasis tanto en el ámbito deportivo como en el clínico, permite profundizar en conocimientos orientados a la rehabilitación de sistemas clave, como el cardiovascular, pulmonar y osteomuscular. Este último adquiere especial relevancia en la rehabilitación de lesiones deportivas.

En el área clínica, la rehabilitación dirigida es un recurso indispensable para el éxito de los tratamientos en diversas especialidades médico-quirúrgicas, como ortopedia, cirugía general, cirugía cardiovascular, medicina interna, cardiología y neumología, entre otras. La intervención abarca desde pacientes hospitalizados hasta aquellos en unidades de cuidados intensivos e intermedios.

Las herramientas adquiridas permiten la estratificación del riesgo asociado a la intervención física, identificando limitaciones y determinando el momento adecuado para iniciar el proceso, según la patología. Esto abarca desde el acondicionamiento físico hasta la recuperación funcional de los sistemas mencionados, a través de la rehabilitación.

En el ámbito deportivo, el médico especializado en medicina de la actividad física y del deporte diagnostica y comprende los mecanismos de lesión en diversas disciplinas, corrigiendo desbalances musculares y alteraciones de la fuerza(30). Además, utiliza protocolos de rehabilitación para asegurar la pronta recuperación y el retorno al deporte. En este contexto, el especialista lidera el proceso de rehabilitación clínica y deportiva, aplicando sus conocimientos para optimizar los resultados. Es crucial destacar la importancia del trabajo conjunto de las diversas áreas de la rehabilitación física y el equipo profesional que integra esta unidad, como la terapia física, la terapia ocupacional y la fonoaudiología. Este equipo interdisciplinario, cuando está liderado de manera coordinada y eficiente, tiene el potencial de influir de manera decisiva en los resultados de los procesos de rehabilitación.

La sinergia entre estos profesionales permite una atención integral al paciente, abordando no sólo los aspectos físicos de la recuperación, sino también las habilidades funcionales y comunicativas, esenciales para una rehabilitación completa. La terapia física se enfoca en restaurar la movilidad y la fuerza, mientras que la terapia ocupacional trabaja en la reintegración del paciente a las actividades de la vida diaria. Por su parte, la fonoaudiología interviene en la recuperación de las funciones de comunicación y deglución, aspectos críticos en muchos procesos de rehabilitación, especialmente en pacientes con afecciones neurológicas o postquirúrgicas.

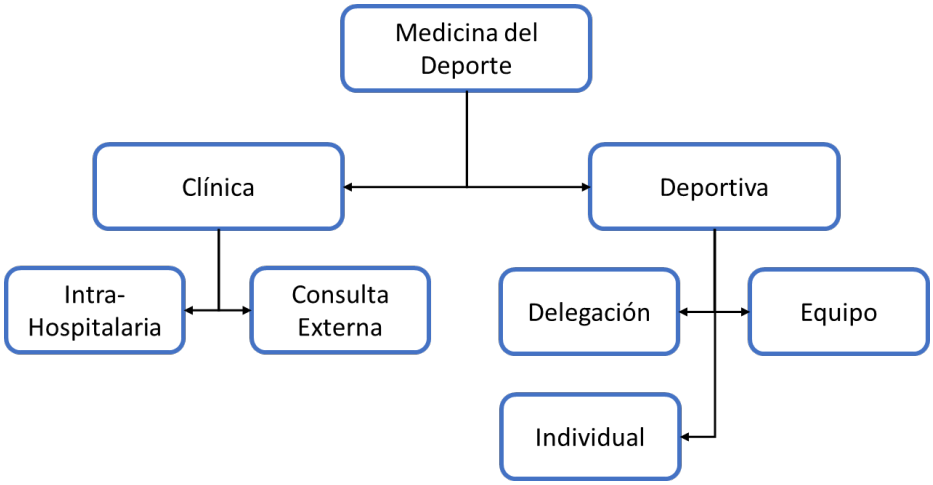
La unificación de criterios y la colaboración constante entre estas disciplinas permiten la creación de planes de tratamiento personalizados y ajustados a las necesidades específicas de cada paciente.

En conclusión, el liderazgo cohesionado de un equipo interdisciplinario de rehabilitación física es fundamental para lograr una intervención exitosa y holística, que impacte positivamente tanto en el bienestar del paciente como en la eficiencia del proceso clínico. Este enfoque integral no solo mejora los resultados clínicos, sino que también optimiza los tiempos de recuperación y disminuye el riesgo de complicaciones. Además, al coordinarse eficientemente, se garantiza una utilización más efectiva de los recursos, lo que contribuye a la sostenibilidad del sistema de salud y a la reducción de costos asociados al tratamiento prolongado(31,32).

De la Gerencia

Los médicos del deporte también se han visto en la necesidad de abarcar tareas y áreas administrativas, dentro de las cuales está gerenciar, administrar o coordinar consultorios, instituciones prestadoras de salud o departamentos médicos, y esto ha surgido naturalmente debido a su experiencia y experticia en el ámbito deportivo como en prevención y promoción de salud mediante actividad física y ejercicio, lo que les otorga una opinión importante frente a las otras áreas de la salud. por lo cual no es extraño o por lo menos en Colombia médicos deportólogos creando IPS, propuestas de programas a hospitales y clínicas, y liderando todo el proceso administrativo y gerencial que esto conlleva para otorgar a deportistas, y pacientes los mejores beneficios del ejercicio físico.

Figura 15. *Perfiles de la medicina deportiva*



Intervenciones Médicas y Procedimientos Aplicados por el Especialista en Medicina del Deporte

En los últimos años, el uso y la aplicación de intervenciones mínimamente invasivas, junto con procedimientos no invasivos, como pruebas de laboratorio, se han consolidado como herramientas fundamentales en el diagnóstico, tratamiento y seguimiento de diversas patologías. Estas técnicas no solo han mejorado la precisión clínica, sino que también han reducido los tiempos de recuperación y los riesgos asociados a procedimientos más

invasivos. Su implementación ha sido notable tanto en la medicina general como en el ámbito deportivo, donde el rendimiento y la recuperación rápida son esenciales(33, 34).

El conocimiento acumulado en este campo, junto con el creciente avance tecnológico, ha permitido a los profesionales de la salud implementar de manera efectiva estos métodos. Dentro de las intervenciones mínimamente invasivas y procedimientos no invasivos se destacan las siguientes modalidades:

1. **Modalidades Mecánicas**:

    - **Terapia con Dispositivos de Oscilación Profunda (Ondas de choque):** Esta técnica se basa en la aplicación de ondas acústicas de alta energía para estimular la regeneración tisular, reducir el dolor y mejorar la funcionalidad. Se utiliza en el tratamiento de tendinopatías crónicas, calcificaciones óseas, fascitis plantar, entre otras patologías. La evidencia científica ha demostrado su eficacia en la mejora de la cicatrización y la reducción del dolor a largo plazo. Además, su uso se ha extendido en el ámbito deportivo para la recuperación de lesiones crónicas y la mejora del rendimiento muscular (35–39)

    - **Terapia de Compresión Neumática Intermitente:** Es efectiva en el tratamiento del linfedema, la prevención de trombosis venosa profunda, y la recuperación postejercicio en atletas. Ayuda a mejorar el retorno venoso, reducir el edema y acelerar la recuperación muscular. (40)

    - **Terapia de Ultrasonido:** Es usada en el tratamiento de lesiones musculares, tendinitis, bursitis, y otras afecciones que involucran tejidos blandos. Además, puede utilizarse para promover la curación de fracturas óseas en algunos casos. (38)

    - **Terapia de Vibración de Cuerpo Entero:** Se usa para mejorar la fuerza muscular, la densidad ósea, la circulación sanguínea y la flexibilidad. Es común en la rehabilitación, el entrenamiento deportivo y el tratamiento de osteoporosis.

2. **Pruebas y Tecnologías de Evaluación Funcional**:

    - **Ergoespirometría:** La Ergoespirometría combina la evaluación del consumo de oxígeno (VO2) y la producción de dióxido de carbono (VCO2) durante el ejercicio. Este examen es crucial no solo para la valoración de la capacidad cardiovascular, sino también pulmonar, de

forma integrada, logrando también identificar por medio de gráficas umbrales metabólicos y, de esta forma, planificar entrenamientos de acuerdo con el requerimiento individual. En el ámbito clínico, se utiliza para detectar patologías cardiovasculares, respiratorias y metabólicas, mientras que, en el deportivo, permite optimizar el rendimiento (41,42).

- **Cámara Hiperbárica:** Esta tecnología implica la exposición a altas concentraciones de oxígeno en un entorno presurizado. Los beneficios incluyen la aceleración de la cicatrización de heridas, el tratamiento de lesiones por compresión y la reducción de la inflamación. En el deporte, se utiliza para mejorar la recuperación posentrenamiento, reducir el tiempo de curación de lesiones y optimizar la regeneración muscular tras el esfuerzo intenso (43).

- **Baropodometría:** Es una prueba que evalúa la distribución de las presiones plantares durante la marcha y la estática. Este estudio es fundamental en la corrección de alteraciones biomecánicas, tanto en pacientes con patologías del pie como en deportistas que buscan prevenir lesiones. Además, es utilizado para diseñar plantillas ortopédicas personalizadas y mejorar la alineación corporal(44).

- **Antropometría:** La antropometría no solo se limita a la evaluación de dimensiones corporales, sino que también analiza la composición corporal (grasa, masa muscular, densidad ósea). Esta información es clave para el monitoreo del estado nutricional, la evaluación del crecimiento en poblaciones pediátricas y la optimización del rendimiento en atletas de alto nivel. Su integración con otras pruebas permite diseñar planes de entrenamiento y alimentación específicos.

3. Análisis Biomecánico y Antropométrico:

- **Análisis de marcha y carrera**: Este estudio analiza los patrones de movimiento durante la marcha y la carrera, permitiendo la identificación de alteraciones biomecánicas que pueden predisponer a lesiones, como las dismetrías de las extremidades, la pronación o supinación excesiva del pie, y los desequilibrios musculares. Además, se utiliza en la rehabilitación postoperatoria y en la planificación de estrategias de entrenamiento para mejorar la eficiencia del movimiento(45).

- **Bike fitting:** El ajuste de la bicicleta a las características anatómicas del ciclista es esencial para prevenir lesiones, mejorar la comodidad

y optimizar el rendimiento. Un bike fitting adecuado ajusta la altura del sillín, la longitud de las bielas, la posición de las calas y la altura del manillar, teniendo en cuenta la biomecánica del ciclista y sus objetivos deportivos(46,47).

4. **Test de Laboratorio**:

   - **Test de fuerza:** Estas pruebas evalúan la capacidad máxima de los músculos para generar fuerza. Incluyen tanto evaluaciones de fuerza isométrica como dinámica, y son esenciales para diseñar programas de rehabilitación y optimización del rendimiento muscular. Además, permiten detectar desequilibrios musculares y adaptar los entrenamientos para prevenir lesiones(6).

   - **Test cardiovasculares:** Estos exámenes incluyen pruebas de esfuerzo, monitorización de la frecuencia cardíaca y análisis de la variabilidad del ritmo cardíaco. Son fundamentales para detectar arritmias, isquemias silenciosas y otras anomalías cardíacas que pueden comprometer la salud del paciente o atleta. Además, proporcionan información valiosa para personalizar la intensidad y duración de los entrenamientos(6,41).

   - **Test de coordinación y flexibilidad:** La coordinación y la flexibilidad son componentes críticos de la capacidad física general. Estos test permiten evaluar la agilidad, la rapidez de reacción y la amplitud de movimiento articular, factores clave en la prevención de lesiones y en la mejora del rendimiento atlético(6).

Estas tecnologías y pruebas han demostrado su efectividad a través de la evidencia científica, apoyando su uso en diversas patologías y en la optimización del rendimiento deportivo. Su integración en la práctica clínica y deportiva ha permitido mejorar la precisión diagnóstica, personalizar los tratamientos y acelerar los tiempos de recuperación.

Además de estos procedimientos, existen otras intervenciones mínimamente invasivas que se utilizan en el tratamiento de patologías musculares, de tejidos blandos y articulares. Estas incluyen procedimientos con aguja, como:

- **Infiltraciones articulares:** Las infiltraciones articulares consisten en la inyección anterior, con uso frecuente de los corticosteroides; sin embargo, con la reciente y creciente evidencia, existe una adecuada respuesta clínica con el uso de plasma rico en plaquetas, ácido hialurónico, entre otros anestésicos locales directamente en la articulación afectada.

Este procedimiento es común en el tratamiento de patologías como la osteoartritis, la artritis reumatoide y otras condiciones inflamatorias. La evidencia muestra que las infiltraciones pueden reducir el dolor y mejorar la función articular, aunque su efectividad a largo plazo varía según el tipo de patología y la sustancia utilizada(48,53).

- **Infiltraciones subfasciales:** Este tipo de infiltraciones se realiza debajo de la fascia muscular para tratar puntos gatillo miofasciales, retracciones y otras afecciones relacionadas con el dolor muscular crónico. Las infiltraciones subfasciales se han utilizado con éxito en el tratamiento del síndrome de dolor miofascial y otras condiciones musculoesqueléticas (48).
- **Infiltraciones en la entesis:** La zona donde los tendones y ligamentos se insertan en el hueso. Las infiltraciones en esta área se utilizan para tratar patologías como la entesitis, común en enfermedades reumatológicas como la espondilitis anquilosante. Estas infiltraciones pueden reducir la inflamación y el dolor, mejorando la calidad de vida del paciente(48, 49, 54).

Dentro de estas intervenciones, la **viscosuplementación** ha emergido como una práctica prometedora en el manejo de patologías articulares degenerativas, particularmente la osteoartritis. Este tratamiento implica la inyección de ácido hialurónico en la articulación, lo que mejora la lubricación, reduce la fricción y alivia el dolor. La evidencia científica ha mostrado que la viscosuplementación junto a la ortobiología como el uso de exosomas, células madre, factores de crecimiento derivados de plaquetas, puede retrasar la necesidad de intervenciones quirúrgicas, como la artroplastia, y mejorar significativamente la calidad de vida en pacientes con osteoartritis. Además, se está explorando su uso en otras articulaciones y patologías con resultados alentadores. Otros procedimientos con creciente es la Electrólisis Percutánea Musculoesquelética (EPM). La EPM es una técnica que consiste en la aplicación de una corriente galvánica (corriente continua) a través de una aguja de acupuntura que se inserta de manera percutánea en el tejido afectado. Esta corriente eléctrica genera una reacción local en los tejidos, provocando un proceso de lisis (destrucción controlada de tejido) en la zona lesionada. Esto desencadena una respuesta inflamatoria controlada que promueve la regeneración y reparación del tejido afectado.

Conclusiones

En conclusión, la medicina deportiva se ha consolidado como una especialidad clave en la implementación de intervenciones mínimamente invasivas y no invasivas, destacándose por su capacidad para diagnosticar, tratar y mejorar el rendimiento en deportistas y pacientes en general. Los avances tecnológicos y el conocimiento acumulado han permitido aplicar de manera precisa y efectiva diversas técnicas, como las modalidades mecánicas, pruebas de evaluación funcional y procedimientos con aguja. Estas intervenciones no solo han optimizado la recuperación y prevención de lesiones, sino que también han mejorado significativamente la calidad de vida de los pacientes al reducir el dolor y restaurar la funcionalidad.

El papel del médico especialista en medicina de la actividad física y el deporte es crucial en el ámbito clínico y deportivo, ya que posee las habilidades y conocimientos necesarios para integrar estas innovaciones en la práctica clínica diaria, garantizando tratamientos personalizados y basados en la evidencia científica. Su experticia en la aplicación de métodos, pruebas de laboratorio y de campo, e intervenciones mínimamente invasivas, le confiere capacidades para la aplicación de diferentes métodos y estudios que permiten su empleo en el diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de diferentes procesos. Lo anterior supone que está capacitado como un referente en la mejora del rendimiento y la salud de los deportistas, así como en el manejo de patologías musculoesqueléticas complejas. Así, la medicina deportiva no solo responde a las demandas del ámbito competitivo, sino que también juega un rol fundamental en la promoción de la salud y el bienestar a través de enfoques terapéuticos avanzados y eficaces.

Referencias

1. Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine - Evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. Scand J Med Sci Sports [Internet]. 2015 Dec 1 [cited 2025 Jun 3];25:1–72. Available from: /doi/pdf/10.1111/sms.12581

2. Thompson PD, Arena R, Riebe D, Pescatello LS. ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, ninth edition. Curr Sports Med Rep [Internet]. 2013 Jul [cited 2025 Jun 3];12(4):215–7. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23851406/

3. Gielen S, Laughlin MH, O'Conner C, Duncker DJ. Exercise Training in Patients with Heart Disease: Review of Beneficial Effects and Clinical Recommendations. Prog Cardiovasc Dis [Internet]. 2015 Jan 1 [cited 2025 Jun 3];57(4):347–55. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25459973/

4. Warburton DER, Bredin SSD. Health benefits of physical activity: A systematic review of current systematic reviews. Curr Opin Cardiol [Internet]. 2017 Sep 1 [cited 2025 Jun 3];32(5):541–56. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28708630/

5. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. Med Sci Sports Exerc [Internet]. 2011 Jul [cited 2025 Jun 3];43(7):1334–59. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21694556/

6. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription - ACSM [Internet]. [cited 2025 Jun 3]. Available from: https://acsm.org/education-resources/books/guidelines-exercise-testing-prescription/

7. Kujala UM. Evidence on the effects of exercise therapy in the treatment of chronic disease. Br J Sports Med [Internet]. 2009 [cited 2025 Jun 3];43(8):550–5. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19406731/

8. Miller MD, Thompson SR. DeLee, Drez and Miller's orthopaedic sports medicine : principles and practice. Philadelphia, PA: Saunders. 2014 May 20;2155–9.

9. Tipton CM. The history of "Exercise Is Medicine" in ancient civilizations. Adv Physiol Educ [Internet]. 2014 [cited 2025 Jun 3];38(2):109. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4056176/

10. Wang XQ, Pi YL, Chen PJ, Liu Y, Wang R, Li X, et al. Traditional chinese exercise for cardiovascular diseases: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. J Am Heart Assoc [Internet]. 2015 [cited 2025 Jun 3];5(3). Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26961239/

11. O FG, Sallis R, Wilder R, St Pierre P. Sports Medicine: McGraw-Hill Examination and Board Review.

12. About - ACSM [Internet]. [cited 2025 Jun 3]. Available from: https://acsm.org/about/

13. Thorndike A. Serious recurrent injuries of athletes; contraindications to further competitive participation. N Engl J Med [Internet]. 1952 Oct 9 [cited 2025 Jun 3];247(15):554–6. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12993269/

14. Defina LF, Radford NB, Barlow CE, Willis BL, Leonard D, Haskell WL, et al. Association of All-Cause and Cardiovascular Mortality with High Levels of Physical Activity and Concurrent Coronary Artery Calcification. JAMA Cardiol [Internet]. 2019 Feb 1 [cited 2025 Jun 3];4(2):174–81. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30698608/

15. Booth FW, Roberts CK, Laye MJ. Lack of exercise is a major cause of chronic diseases. Compr Physiol [Internet]. 2012 Apr [cited 2025 Jun 3];2(2):1143–211. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23798298/

16. Colombia. Ministerio del Deporte [Internet]. [cited 2025 Jun 3]. Available from: https://www.mindeporte.gov.co/mindeporte

17. Colombia. Ministro de Salud. Resolución 13437 de 1991. Por la cual se constituyen los comités de Ética Hospitalaria y se adoptan el Decálogo de los Derechos de los Pacientes. 1991

18. Asociación de Medicina del Deporte Colombia AMEDCO. Colombia [Internet]. [cited 2025 Jun 3]. Available from: https://www.amedco.org.co/

19. Global action plan on physical activity 2018-20230. More active people for a healthier world.

20. Kohl HW, Craig CL, Lambert EV, Inoue S, Alkandari JR, Leetongin G, et al. The pandemic of physical inactivity: Global action for public health. The Lancet [Internet]. 2012 [cited 2025 Jun 3];380(9838):294–305. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22818941/

21. Page Phillip, Frank CC., Lardner Robert. Assessment and Treatment of Muscle Imbalance: The Janda Approach. J Can Chiropr Assoc [Internet]. 2012 [cited 2025 Jun 3];56(2):158. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3364069/

22. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. Med Sci Sports Exerc [Internet]. 2004 Apr [cited 2025 Jun 3];36(4):674–88. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15064596/

23. Halson SL. Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. Sports Medicine [Internet]. 2014 Nov 1 [cited 2025 Jun 3];44(Suppl 2):139–47. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25200666/

24. Gunzer W, Konrad M, Pail E. Exercise-Induced Immunodepression in Endurance Athletes and Nutritional Intervention with Carbohydrate, Protein and Fat—What Is Possible, What Is Not? Nutrients [Internet]. 2012 [cited 2025 Jun 3];4(9):1187. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3475230/

25. Koutedakis Yiannis, Sharp NCCraig, Boreham Colin. The fit and healthy dancer. 1999 [cited 2025 Jun 3];344. Available from: https://www.wiley.com/en-us/The+Fit+and+Healthy+Dancer-p-9780471975281

26. McGuigan Mike. Monitoring training and performance in athletes. 2017;253.

27. Akenhead R, Nassis GP. Training load and player monitoring in high-level football: Current practice and perceptions. Int J Sports Physiol Perform [Internet]. 2016 Jul 1 [cited 2025 Jun 3];11(5):587–93. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26456711/

28. Spruit MA, Singh SJ, Garvey C, Zu Wallack R, Nici L, Rochester C, et al. An official American thoracic society/European respiratory society statement: Key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. Am J Respir Crit Care Med [Internet]. 2013 Oct 15 [cited 2025 Jun 3];188(8). Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24127811/

29. Thompson PD, Franklin BA, Balady GJ, Blair SN, Corrado D, Estes NAM, et al. Exercise and acute cardiovascular events: Placing the risks into perspective a scientific statement from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism and the Council on Clinical Cardiology. Circulation [Internet]. 2007 May [cited 2025 Jun 3];115(17):2358–68. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17468391/

30. Heath GW, Parra DC, Sarmiento OL, Andersen LB, Owen N, Goenka S, et al. Evidence-based intervention in physical activity: Lessons from around the world. The Lancet [Internet]. 2012 [cited 2025 Jun 3];380(9838):272–81. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22818939/

31. Soligard T, Schwellnus M, Alonso JM, Bahr R, Clarsen B, Dijkstra HP, et al. How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. Br J Sports Med [Internet]. 2016 Sep 1 [cited 2025 Jun 3];50(17):1030–41. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27535989/

32. Jacobson JA. Fundamentals of Musculoskeletal Ultrasound (Fundamentals of Radiology). 2018;472.

33. Bahr R, Krosshaug T. Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. Br J Sports Med [Internet]. 2005 Jun 1 [cited 2025 Jun 3];39(6):324–9. Available from: https://bjsm.bmj.com/content/39/6/324

34. Sánchez M, Anitua E, Azofra J, Andía I, Padilla S, Mujika I. Comparison of surgically repaired Achilles tendon tears using platelet-rich fibrin matrices. American Journal of Sports Medicine [Internet]. 2007 Feb [cited 2025 Jun 3];35(2):245–51. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17099241/

35. De la Corte-Rodríguez H, Román-Belmonte JM, Rodríguez-Damiani BA, Vázquez-Sasot A, Rodríguez-Merchán EC. Extracorporeal Shock Wave Therapy for the Treatment of Musculoskeletal Pain: A Narrative Review. Healthcare (Switzerland) [Internet]. 2023 Nov 1 [cited 2025 Jun 3];11(21). Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37957975/

36. Mazin Y, Lemos C, Paiva C, Amaral Oliveira L, Borges A, Lopes T. The Role of Extracorporeal Shock Wave Therapy in the Treatment of Muscle Injuries: A Systematic Review. Cureus [Internet]. 2023 Aug 27 [cited 2025 Jun 3];15(8). Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37767244/

37. Tognolo L, Giordani F, Biz C, Bernini A, Ruggieri P, Stecco C, et al. Myofascial points treatment with focused extracorporeal shock wave therapy (f-ESWT) for plantar fasciitis: an open label randomized clinical trial. Eur J Phys Rehabil Med [Internet]. 2022 Feb 1 [cited 2025 Jun 3];58(1):85–93. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34786906/

38. Cochrane Library Cochrane Database of Systematic Reviews Ultrasound and shockwave therapy for acute fractures in adults (Review). 2023 [cited 2025 Jun 3]; Available from: www.cochranelibrary.com

39. Xue X, Song Q, Yang X, Kuati A, Fu H, Cui G. Effect of extracorporeal shockwave therapy for rotator cuff tendinopathy: a systematic review and meta-analysis. BMC Musculoskelet Disord [Internet]. 2024 Dec 1 [cited 2025 Jun 3];25(1). Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38704572/

40. Bisciotti GN, Chamari K, Cena E, Garcia GR, Vuckovic Z, Bisciotti A, et al. The conservative treatment of longstanding adductor-related groin pain syndrome: A critical and systematic review. Biol Sport [Internet]. 2021 [cited 2025 Jun 3];38(1):45–63. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33795914/

41. Tessler J, Ahmed I, Bordoni B. Cardiac Rehabilitation. StatPearls [Internet]. 2025 Mar 28 [cited 2025 Jun 3]; Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537196/

42. Wasserman & Whipp's Principles of Exercise Testing ... [Internet]. [cited 2025 Jun 3]. Available from: https://shop.lww.com/Wasserman---Whipp-s-Principles-of-Exercise-Testing-and-Interpretation/p/9781975136437?srsltid=AfmBOooB4QU0PzQcqUDj7QTV2L538O3cAbsoqeocpAsfDkSCYyWdyeB-

43. Li H, Xiao M, Yang F, Zhao Z, A L. Hyperbaric oxygen treatment promotes tendon–bone interface healing in a rabbit model of rotator cuff tears. Med Gas Res [Internet]. 2024 Mar 31 [cited 2025 Jun 3];15(1). Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39217428/

44. Rosário JLP. A review of the utilization of baropodometry in postural assessment. J Bodyw Mov Ther [Internet]. 2014 [cited 2025 Jun 3];18(2):215–9. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24725789/

45. Xu Y, Yuan P, Wang R, Wang D, Liu J, Zhou H. Effects of Foot Strike Techniques on Running Biomechanics: A Systematic Review and Meta-analysis. Sports Health [Internet]. 2020 Jan 1 [cited 2025 Jun 3];13(1):71. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7734358/

46. Holliday W, Swart J. A Dynamic Approach to Cycling Biomechanics. Phys Med Rehabil Clin N Am [Internet]. 2022 Feb 1 [cited 2025 Jun 3];33(1):1–13. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34798992/

47. Swart J, Holliday W. Cycling Biomechanics Optimization - The (R) Evolution of Bicycle Fitting. Curr Sports Med Rep [Internet]. 2019 Dec 1 [cited 2025 Jun 3];18(12):490–6. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31834181/

48. Asensio-Olea L, Leirós-Rodríguez R, Marqués-Sánchez MP, de Carvalho FO, Maciel LYS. Efficacy of percutaneous electrolysis for the treatment of tendinopathies: A systematic review and meta-analysis. Clin Rehabil [Internet]. 2023 Jun 1 [cited 2025 Jun 3];37(6):747–59. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36583575/

49. Augustyn D, Paez A. The effectiveness of intratissue percutaneous electrolysis for the treatment of tendinopathy: A systematic review. South African Journal of Sports Medicine [Internet]. 2022 [cited 2025 Jun 3];34(1). Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36815929/

50. Familiari F, Ammendolia A, Rupp MC, Russo R, Pujia A, Montalcini T, et al. Efficacy of intra-articular injections of hyaluronic acid in patients with glenohumeral joint osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. Journal of Orthopaedic Research [Internet]. 2023 Nov 1 [cited 2025 Jun 3];41(11):2345–58. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37314198/

51. Liu W zhao, Ma Z jun, Li J ru, Kang X wen. Mesenchymal stem cell-derived exosomes: therapeutic opportunities and challenges for spinal cord injury. Stem Cell Research & Therapy 2021 12:1 [Internet]. 2021 Feb 3 [cited 2025 Jun 3];12(1):1–15. Available from: https://stemcellres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13287-021-02153-8

52. Wei P, Bao R. Intra-Articular Mesenchymal Stem Cell Injection for Knee Osteoarthritis: Mechanisms and Clinical Evidence. Int J Mol Sci [Internet]. 2023 Jan 1 [cited 2025 Jun 3];24(1). Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36613502/

53. Xiong Y, Gong C, Peng X, Liu X, Su X, Tao X, et al. Efficacy and safety of platelet-rich plasma injections for the treatment of osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Front Med (Lausanne) [Internet]. 2023 [cited 2025 Jun 3];10. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37441691/

54. Bosco F, Giai Via R, Giustra F, Ghirri A, Cacciola G, Massè A. Platelet-rich plasma for jumper's knee: a comprehensive review of efficacy, protocols, and future directions. European Journal of Orthopaedic Surgery and Traumatology [Internet]. 2024 Jan 1 [cited 2025 Jun 3];34(1):91–6. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37668753/

55. Quezada DL, López CL, Montini FC, Skarmeta NP. Effectiveness of intra-articular infiltration of platelet concentrates for thtreatment of painful joint disorders in the temporomandibular joint: a systematic review. Med Oral Patol Oral Cir Bucal [Internet]. 2024 May 1 [cited 2025 Jun 3];29(3):e297–304. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38615254/