UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

CENTRO DE POSGRADOS

MAESTRIA EN FISIOTERAPIA DEPORTIVA

Tema: "RELACIÓN DE LA FUERZA MUSCULAR DE LA RODILLA CON LA RESISTENCIA AEROBICA DEL FUTBOLISTA AMATEUR"

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Cuarto Nivel de Magíster en Fisioterapia Deportiva

Modalidad del Trabajo de Titulación: Artículo profesional de alto nivel

Autor(a): Lic. Allison Abigail Hernández Olivo

Director(a): Lic. Mg. Pedro Fernando Suárez Peñafiel

Ambato – Ecuador

2025

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

A la Unidad Académica de Titulación de Posgrado de la Facultad Ciencias de la Salud. El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por la Licenciada Victoria Estefanía Espín Pastor, Magister en Fisioterapia del deporte y Readaptación en la actividad física e integrado por los señores: Licenciada Grace Verónica Moscoso Córdova, Máster en Fisioterapia y Rehabilitación mención neuromusculoesquelética y Licenciada Ángela Priscila Campos Moposita, Máster en Fisioterapia y Rehabilitación mención neuromusculoesquelética, designados por la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados de la Universidad Técnica de Ambato, para receptar el Trabajo de Titulación con el tema: "Relación de la fuerza muscular de la rodilla con la resistencia aeróbica del futbolista amateur", elaborado y presentado por la Licenciada, Allison Abigail Hernández Olivo, para optar por el Título de cuarto nivel de Magíster en Fisioterapia Deportiva; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



Lic. Mg. Victoria Estefanía Espín Pastor
Presidente y Miembro del Tribunal



Lic. Mg. Grace Verónica Moscoso Córdova
Miembro del Tribunal



Lic. Mg. Licenciada Ángela Priscila Campos Moposita
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: "Relación de la fuerza muscular de la rodilla con la resistencia aeróbica del futbolista amateur", le corresponde exclusivamente a: Licenciada Allison Abigail Hernández Olivo, Autora bajo la Dirección del Licenciado Mg. Pedro Fernando Suárez Peñafiel, Magister en Terapia Manual Ortopédica, director del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Firmado electrónicamente por:
ALLISON ABIGAIL HERNANDEZ OLIVO
Validar únicamente con FirmaEC

Lic. Allison Abigail Hernández Olivo

c.c.: 1804961108

AUTOR

Pedro Fernando Suarez Penafiel
Time Stamping Security Data

Lic. Mg. Pedro Fernando Suárez Peñafiel

c.c.: 0105185748

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

Firmado electrónicamente por:
ALLISON ABIGAIL HERNANDEZ OLIVO
Validar únicamente con FirmaEC

Lic. Allison Abigail Hernández Olivo

C.C.: 1804961108

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii
DERECHOS DE AUTOR iv
AGRADECIMIENTO ix
DEDICATORIA x
RESUMEN EJECUTIVO xi
ABSTRACT xii

AGRADECIMIENTO

A los futbolistas amateur de la provincia de Tungurahua por su tiempo dedicado a este estudio, a mis padres por su apoyo y amor infinito y a los docentes que aportaron con ciencia y conocimientos.

DEDICATORIA

Este estudio va dedicado a los amores más grandes que tengo; mi hija Isabella por ser mi motivación y a mi esposo Joe por ser el motor de mi vida.

RESUMEN EJECUTIVO

Introducción: El fútbol es un deporte colectivo con patrones acíclicos combinados de movimientos cortos y explosivos, donde la fuerza muscular cumple un papel importante en la capacidad de resistir periodos prolongados de juego, la prevención de lesiones y el rendimiento deportivo. La fuerza muscular del cuádriceps tiene una íntima relación con la función respiratoria en pacientes con dichas afecciones, disminuyendo la mortalidad y la estancia en salas de cuidados intensivos; en la fisiología, la fuerza hace referencia a la mayor adaptación mitocondrial, es decir, el aumento de mitocondrias en el músculo genera mayor producción de ATP, retrasa la fatiga y eleva el umbral de lactato para mantener esfuerzos intensos dentro de la disciplina deportiva.

Objetivos: Establecer los valores normales de las variables de estudio y determinar la relación de la fuerza muscular de la rodilla con la resistencia aeróbica del futbolista amateur.

Métodos: El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo con un diseño no experimental, observacional, prospectivo y transversal. La población estuvo conformada por 84 futbolistas amateurs de diferentes clubes de la provincia de Tungurahua (Ecuador). La muestra fue seleccionada mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, aplicando criterios de inclusión que consideraron a jugadores de entre 20 y 40 años, con estatura entre 1,55 y 1,85 metros, índice de masa corporal (IMC) normal, de nacionalidad ecuatoriana y raza mestiza. Se excluyeron arqueros, personas con antecedentes médicos o lesiones recientes, y aquellos que no cumplían con las características demográficas definidas. Para la medición de la fuerza muscular de rodilla (flexión y extensión), se utilizó el dinamómetro Kinvent® siguiendo protocolos estandarizados y la resistencia aeróbica se evaluó mediante el protocolo de Bruce. El cálculo del VO_2máx se realizó mediante la fórmula propuesta en el protocolo.

Resultados: Los análisis descriptivos indicaron que las variables demográficas presentaron una distribución aproximadamente normal. La fuerza muscular de la rodilla fue inferior a los valores ideales de referencia, con una media de 20,44 kgf en flexión y 23,54 kgf en extensión, considerando tener una base para marcar rangos específicos en la población de estudio. La prueba t de Student para muestras emparejadas mostró una significancia estadística de $p = 0,001$, evidenciando la relación entre la fuerza muscular de la rodilla y la resistencia aeróbica.

Conclusiones: Los resultados evidencian que la población de estudio presenta niveles de fuerza muscular de la rodilla por debajo de los valores ideales, lo que resalta la necesidad de establecer rangos de referencia específicos. Asimismo, se comprobó una relación estadísticamente significativa entre la fuerza muscular de la rodilla y la resistencia aeróbica, se debe considerar que la alta sensibilidad de cambios en la relación se podría atribuir a factores externos no controlados por el evaluador, lo que se sugiere considerar en futuros estudios.

Palabras clave: Fuerza, rodilla, resistencia aeróbica, fútbol.

ABSTRACT

Introduction: Football is a team sport characterized by acyclic patterns that combine short, explosive movements. In this context, muscular strength plays a key role in sustaining prolonged periods of play, injury prevention, and athletic performance. Specifically, quadriceps strength is closely related to respiratory function, contributing to reduced mortality and ICU stay in clinical populations. From a physiological standpoint, increased strength is associated with mitochondrial adaptation, leading to greater ATP production, delayed fatigue, and a higher lactate threshold, which enhances performance during high-intensity efforts. **Objectives:** To establish normal values of knee muscle strength and to determine its relationship with aerobic endurance in amateur football players.

Methods: This was a quantitative, non-experimental, observational, prospective, and cross-sectional study. A total of 84 amateur football players from different clubs in Tungurahua (Ecuador) participated. The sample was selected through non-probability convenience sampling, including players aged 20–40 years, with a height between 1.55 and 1.85 meters, normal BMI, Ecuadorian nationality, and mestizo ethnicity. Goalkeepers, players with recent injuries or relevant medical history were excluded. Knee muscle strength (flexion and extension) was measured using the Kinvent® dynamometer, following standardized protocols. Aerobic capacity was assessed using the Bruce protocol, and VO_2max was calculated using the corresponding formula. **Results:** Descriptive analysis indicated that demographic variables followed an approximately normal distribution. Knee strength values were lower than the ideal references (20.44 kgf in flexion and 23.54 kgf in extension), providing a basis for establishing population-specific reference ranges. Paired samples t-tests showed a statistically significant relationship ($p = 0.001$) between knee muscle strength and aerobic capacity. **Conclusions:** The study population presented knee strength levels below ideal values, highlighting the need to establish specific reference ranges for amateur footballers. A significant relationship between knee strength and aerobic endurance was confirmed. However, it is important to consider that the sensitivity of this relationship may be influenced by external, uncontrolled factors, which should be addressed in future research.

RELACIÓN DE LA FUERZA MUSCULAR DE LA RODILLA CON LA RESISTENCIA AERÓBICA DEL FUTBOLISTA AMATEUR

Relationship of the knee muscle strength with the aerobic resistance of the amateur football player

Relação da força muscular do joelho com a resistência aeróbica do futebolista amador

Lic. Allison Abigail,Hernández Olivo, https://orcid.org/0009-0007-3740-8551
Lic. MSc. Pedro Fernando Suárez Peñafiel, https://orcid.org/0009-0004-5962-7497
Afiliación: Universidad Técnica de Ambato
Autor para correspondencia: allisu_2208@hotmail.com

1. Introducción

El fútbol es un deporte colectivo que tiene patrones de movimientos acíclicos e impredecibles combinados de momentos cortos y explosivos con episodios que van de esfuerzos leves a intensos, esta combinación requiere de un control motor muscular y aeróbico balanceado (1)(2). La fuerza muscular y la resistencia aeróbica en futbolistas es fundamental para el buen desempeño en el campo de juego (2), estadísticamente un jugador corre entre 10 km a 13km durante 90 minutos (valor que varía según la posición) a esto la literatura confirma una relación de un cuádriceps fortalecido con la mejora de la resistencia a la fatiga (3), la prevención de lesiones en miembro inferior (4), y la potenciación de habilidades (5)(6).

La resistencia aeróbica fisiológicamente es la capacidad del cuerpo para mantener una actividad física durante un tiempo prolongado a través de la utilización del oxígeno como fuente principal de energía (7); esto depende de la capacidad de bombeo del corazón, la captación de oxígeno en los pulmones, el uso suficiente y correcto del mismo en los músculos (7)(8).

El cuádriceps es un grupo muscular clave en la extensión de la rodilla y la estabilización durante actividades como correr o saltar, este depende de un adecuado suministro de oxígeno para mantener su rendimiento (8); durante ejercicios de alta intensidad o en condiciones de hipoxia muscular, la disminución de oxígeno disponible limita la producción de ATP a través de la fosforilación oxidativa, lo que lleva a un aumento en la glucolisis anaeróbica y la estimulación de metabolitos como el lactato (6)(9)(10).

Esta alteración metabólica de lactato favorece la generación de radicales libres, con ello un estrés oxidativo y daño de las fibras musculares, comprometiéndose la contracción y producción de fatiga. (6)(9)

Por lo tanto, la relación íntima que tienen la resistencia aeróbica con la fuerza muscular hace referencia a la mayor adaptación mitocondrial (biogénesis mitocondrial) (11), es decir, el

aumento de mitocondrias en el músculo por el ejercicio de fuerza genera mayor producción de ATP, retrasa la fatiga y eleva el umbral de lactato (10) para mantener esfuerzos más intensos siendo clave estos parámetros para el entrenamiento de HIITs aeróbicos dentro de dicha diciplina deportiva. (6)(7)(8)(12).

El entrenamiento de fuerza con el trabajo aeróbico no solo refleja mejoras en el performance, si no también mitiga lesiones en isquiotibiales (grupo muscular a evaluar en este artículo) (7)(13). En Ecuador no existen valores normales de la fuerza muscular y resistencia aeróbica reportados en la literatura.

2. Objetivos

La presente investigación plantea establecer los valores normales de las variables de estudio y determinar la relación de la fuerza muscular de la rodilla con la resistencia aeróbica del futbolista amateur.

3. Métodos

El presente estudio se realizó bajo un enfoque cuantitativo cuyo diseño es no experimental, observacional, prospectivo, transversal. La población estuvo constituida por 84 futbolistas amateur de los diferentes clubes de Tungurahua (La altura varía entre 2,577 a 3,020 metros sobre el nivel del mar), los datos se recolectaron en un centro de rehabilitación física privado.

Se realizó una convocatoria libre y voluntaria a todos los futbolistas amateur de la provincia, se escogió a través de un muestreo no probabilístico por conveniencia, para lo cual se utilizaron criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión

Para la inclusión de los participantes en este estudio se consideró a jugadores de fútbol amateur no profesionales entre 20 y 40 años, con un rango de estatura entre 1,55 metros y 1,85 metros, nacionalidad ecuatoriana, raza mestiza y con IMC (Índice de masa corporal) normal.

Criterios de exclusión

Se excluyo del estudio arqueros, futbolistas con lesión actual en miembro inferior o con lesión de seis meses de evolución, participantes con enfermedades respiratorias o cardíacas persistentes, al igual con antecedentes familiares de muertes por infartos o muertes súbitas, acceso a personas de raza negra o indígena y de nacionalidad extranjera.

Descripción del procedimiento

Una vez seleccionada la muestra, se procedió a la toma de datos a partir de una ficha de evaluación fisioterapéutica, que incluía el registro de la edad, peso y talla para obtener el IMC, una tabla de registro del nivel de fuerza medido con el dinamómetro Kinvent® (14)(15)(16)(17) y de los valores obtenidos de la aplicación del método de Bruce (18).

Para medir la fuerza muscular de extensión de rodilla se solicitó al jugador sentarse una silla con la pierna no dominante relajada, se colocó el instrumento en la parte distal de la pierna dominante indicándole que debe extender con la mayor fuerza posible la rodilla y sostener 5 segundos la contracción; para la flexión el jugador se colocó en decúbito prono, la pierna no dominante relajada y la pierna dominante con el dinamómetro; se solicitó que flexione la rodilla con la mayor fuerza posible y sostenga la contracción 5 segundos; este protocolo se realiza tres veces seguidas con pausa de 15 segundos, los resultados obtenidos de cada intento se visualizan en la aplicación Kinvent Physio de donde se toma el valor más alto de las tres repeticiones (14)(15)(16)(17).

Para tomar los valores de la resistencia aeróbica se aplicó el protocolo de Bruce (18), se inició instrumentando al participante con la banda de frecuencia cardiaca y el pulsometro marca Polar, instrumento validado y correlacionado con electrocardiogramas de referencia, en donde indican que bajo un uso adecuado de la colocación del sensor, la validez y confiabilidad (19) pueden superar un porcentaje del 95% llegando al 99% (varia y depende del modelo especifico y condiciones de uso) ambos calibrados con cada jugador, se tomó signos vitales en reposo (FC, saturación de oxígeno, presión arterial) para una vez valorado iniciar el calentamiento con duración de 3 minutos, se le indico al participante que el test consta de 7 etapas cada etapa con la misma duración del calentamiento, en cada fase se incrementó velocidad e inclinación, antes de finalizar cada fase se monitoreaba la frecuencia cardiaca y la saturación de oxígeno registrando los valores en una tabla dentro de la historia clínica, se mencionó al jugador que debe dar su mayor esfuerzo, mirar al frente, no sostenerse e indicar si presenta molestias o síntomas de fatiga para detener el test (18)(20).

Al finalizar la prueba de esfuerzo máximo se aplicó la fórmula $14.8 - (1{,}379 \times T) + (0{,}451 \times T^2) - (0{,}012 \times T^3)$ mencionada en el protocolo y se toma el valor final como resultado del VO2max. Para los valores de la variable se tomó la frecuencia cardiaca teórica, real y el VO2max.

Dentro de las consideraciones éticas consideradas en este estudio fueron aprobadas por el comité de ética de la Universidad Técnica de Ambato bajo el código 334-CEISH-UTA-2024. Dada la necesidad de utilización de datos tanto informativos como clínicos de los participantes, se solicitó la firma del consentimiento informado de los participantes, previa una socialización del protocolo de intervención, sus implicaciones, procedimientos, y beneficios de su participación; además de resolver todas las dudas, enfatizando que su participación es libre y voluntaria.

4. Resultados

Los parámetros descriptivos obtenidos de los datos demográficos de la población son similares entre sí, lo que indica que las distribuciones son aproximadamente simétricas. Las asimetrías y curtosis se mantienen cercanas a cero, sugiriendo una forma de distribución cercana a lo normal. La edad promedio es de 29 años con una dispersión moderada; el peso promedio es de 71.6kg, con mayor variabilidad; la estatura muestra poca dispersión con una media de 1,71m y el IMC promedio es de 24.5, dentro del rango saludable según la OMS. En conjunto, los datos indican que no hay presencia significativa de sesgos ni valores extremos, lo cual permite suponer una distribución normal y considerar adecuado el uso de pruebas estadísticas paramétricas (tabla 1).

Tabla 1. Valores descriptivos de los datos demográficos de la población de estudio.

Descriptivos		EDAD	PESO	ESTATURA	IMC
Media		29,0952	71,5952	1,7082	24,4912
95% de intervalo de confianza para	Límite	27,9848	69,5547	1,6943	23,9406
	Límite superior	30,2057	73,6358	1,7222	25,0418
Media		29,0661	71,4167	1,7075	24,4700
Mediana		30,0000	70,4000	1,7000	24,2200
Varianza		26,184	88,412	0,004	6,437
Desv. Desviación		5,11699	9,40278	0,06434	2,53705
Mínimo		20,00	54,00	1,56	19,05
Máximo		39,00	94,00	1,86	29,75
Rango		19,00	40,00	0,30	10,70
Rango intercuartil		7,00	14,13	0,09	3,05
Asimetría		0,031	0,345	0,184	0,411
Curtosis		-0,728	-0,367	-0,371	-0,179

Tabla 1. Elaborada por la investigadora

Normalidades de las variables

Se aplico un alfa de cronbach a los resultados obtenidos por los instrumentos de medición dándonos un alfa de 0,352 para el protocolo de bruce y del 0,528 en la valoración de la fuerza muscular de la rodilla con el dinamómetro kinvent, valores indicativos de que los instrumentos para la medición de las variables son fiables; en función de los resultados obtenidos, con la finalidad de comprobar la normalidad de los datos de la fuerza, se realizó una comparación de medias entre los valores ideales para flexión y extensión de rodilla y los obtenidos en la población de estudio (tabla 2).

Tabla 2. Valores de referencia de la fuerza muscular en la población de estudio.

MEDIDAS	Flexión de rodilla		Extención de rodilla	
	Ideal	Real	Ideal	Real
Media	35,00	20,44	28,64	23,54
Mínimo	25,00	13,20	21,60	14,20
Máximo	45,00	33,50	37,60	32,30

Tabla 2. Elaborada por la investigadora

Una vez tomado los datos y realizada la comparación debemos considerar que la flexión tiene un valor ideal con ajuste al mínimo y para la extensión de rodilla se hizo un ajuste de acuerdo a la relación del peso por la constante del 40% dándonos una media real de la población estudio en ambas variables inferiores a la ideal por las particularidades consideradas en los criterios de inclusión.

Relación de la fuerza muscular de la rodilla con la resistencia aeróbica

Se trabajo con la prueba T -Student para muestras emparejadas considerando la relación que debe existir entre la fuerza muscular en flexión y extensión de rodilla y la valoración entregada por el protocolo de bruce, dándome una significancia de 0,0 en ambas muestras emparejadas, lo que significa que existe una relación entre las variables objeto de estudio, considerando que la sensibilidad es muy alta a razón de factores externos que no son de control directo del investigador entre ellos el tipo de población y hábitos a considerar, es un factor predominante para un posible nuevo escenario en otro tipo de estudio (tabla 3).

Tabla 3. Resultados de la relación entre la fuerza muscular de la rodilla con la resistencia aeróbica

Prueba de muestras emparejadas									
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Flexión de rodilla - Capacidad aeróbica máxima	-36,47917	10,96602	1,19649	-38,85894	-34,09939	-30,488	83	0,000
Par 2	Extensión de rodilla - Capacidad aeróbica máxima	-33,38155	11,13222	1,21462	-35,79739	-30,96571	-27,483	83	0,000

Tabla 3. Elaborado por el evaluador

5. Discusión

Existe diversa información en la literatura en relación al fortalecimiento muscular de miembro inferior con la resistencia aeróbica, el performance y las habilidades en el fútbol; en este orden de ideas Thomakos y colaboradores hacen referencia al trabajo multidisciplinario entre los factores fuerza global y capacidad aeróbica, quienes concluyen que, al trabajar fuerza no especifica para los grupos musculares objeto de estudio y ejercicio aeróbico el jugador tendría mejores resultados en el campo de juego (7).

En contraste con los hallazgos de este estudio, se especificó la relación e identificación de los grupos musculares de tren inferior como lo es el cuádriceps y los isquiotibiales para mejorar la capacidad aeróbica, sin embargo, esta relación está sujeta a cambios por factores externos, como lo son, actividad física extra que realiza el futbolista amateur, hábitos de consumo de alcohol y tabaco, relación peso, talla y edad.

En el área respiratoria, Pérez y colaboradores señalan que en pacientes con deficiencias respiratorias disminuye la mortalidad el tener un cuádriceps fortalecido, la relación de este grupo muscular con la función respiratoria es relevante para el tratamiento de dichos pacientes, dentro de esta investigación se resalta dicha relación en pacientes sanos y deportistas, obteniendo como resultados que si existe una relación entre la fuerza muscular del cuádriceps y la resistencia aeróbica, poniendo en consideración que dicha relación es sensible a cambios dentro de la misma población de estudio se confirma que la relación no es aplica únicamente en pacientes con alguna patología si no también en personas sanas (5).

La fuerza muscular al ser importantes en el buen funcionamiento de otros sistemas, Sancese y colaboradores refieren que los grupos musculares del miembro inferior trabajan en conjunto para potenciar las habilidades deportivas de un futbolista, especificando que el cuádriceps y los

isquiotibiales resaltan ante los demás como músculos encargados de mejorar la condición física y la prevención de lesiones en rodilla (6).

Se concuerda que el grupo muscular de la flexión de rodilla tiene relación con la resistencia aeróbica, sin embargo, en la población de estudio tuvo mayor importancia el cuádriceps que los isquiotibiales para completar satisfactoriamente el test aplicado por el evaluador, a pesar de lo descrito, por sinergias musculares dentro de una funcionalidad es importante mantener un equilibrio entre fuerzas de ambos grupos musculares.

6. Conclusiones

La fuerza muscular de cuádriceps y de isquiotibiales en un grupo de la población ecuatoriana de futbolistas amateur se encuentran por debajo del límite mínimo funcional determinado por el instrumento Kinvent, la media de flexión fue de 20,44 kgf y la de extensión 23,54 kgf en comparación con los valores ideales de 35,00 y 28,64 kgf, respectivamente. Estos valores pueden atribuirse a las características propias de la población estudiada y a los criterios de inclusión considerados; a pesar de esta diferencia, los datos tienen una distribución aproximadamente normal lo que permite su análisis mediante pruebas estadísticas paramétricas. Estos resultados brindan una base para establecer rangos de referencia específicos para futbolistas amateur, diferenciados de los valores ideales utilizados en deportistas de élite.

El análisis mediante la prueba t de Student para muestras emparejadas evidenció una relación estadísticamente significativa ($p < 0.001$) entre la fuerza muscular de la rodilla y la resistencia aeróbica. Este hallazgo indica que, a mayor fuerza muscular en los grupos musculares de la rodilla, mejor es la capacidad aeróbica del futbolista amateur. Sin embargo, se reconoce que factores externos como la actividad física realizada extra a la disciplina deportiva, hábitos y nivel de experiencia pueden influir en esta relación.

7. Referencias

1. Boraczyński M, Boraczyński T, Podstawski R, Wójcik Z, Gronek P. Relationships Between Measures of Functional and Isometric Lower Body Strength, Aerobic Capacity, Anaerobic Power, Sprint and Countermovement Jump Performance in Professional Soccer Players. J Hum Kinet. 2020 Oct 31;75:161-175. doi: 10.2478/hukin-2020-0045. PMID: 33312304; PMCID: PMC7706664.

2. Ko, K.-J., Ha, G.-C., Kim, D.-W., & Kang, S.-J. (n.d.). Effects of lower extremity injuries on aerobic exercise capacity, anaerobic power, and knee isokinetic muscular function in high school soccer players.
3. Dambroz F, Clemente FM, Teoldo I. The effect of physical fatigue on the performance of soccer players: A systematic review. PLoS One. 2022 Jul 14;17(7):e0270099. doi: 10.1371/journal.pone.0270099. PMID: 35834441; PMCID: PMC9282585.
4. Beato M, Maroto-Izquierdo S, Turner AN, Bishop C. Implementing Strength Training Strategies for Injury Prevention in Soccer: Scientific Rationale and Methodological Recommendations. Int J Sports Physiol Perform. 2021 Mar 1;16(3):456-461. doi: 10.1123/ijspp.2020-0862. Epub 2021 Jan 27. PMID: 33503589.
5. Oliver JL, Ramachandran AK, Singh U, Ramirez-Campillo R, Lloyd RS. The Effects of Strength, Plyometric and Combined Training on Strength, Power and Speed Characteristics in High-Level, Highly Trained Male Youth Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. Sports Med. 2024 Mar;54(3):623-643. doi: 10.1007/s40279-023-01944-8. Epub 2023 Oct 28. PMID: 37897637; PMCID: PMC10978689.
6. Hasan, S. (2023). Effects of plyometric vs. strength training on strength, sprint, and functional performance in soccer players: a randomized controlled trial. Scientific Reports, 13(1). https://doi.org/10.1038/s41598-023-31375-4
7. Mang ZA, Ducharme JB, Mermier C, Kravitz L, de Castro Magalhaes F, Amorim F. Aerobic Adaptations to Resistance Training: The Role of Time under Tension. Int J Sports Med. 2022 Sep;43(10):829-839. doi: 10.1055/a-1664-8701. Epub 2022 Jan 27. PMID: 35088396.
8. Garcia-Roves PM, Alvarez-Luis J, Cutanda-Tesouro S. The role of skeletal muscle respiratory capacity in exercise performance. Free Radic Biol Med. 2025 Mar 1;229:474-484. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2024.12.060. Epub 2025 Jan 2. PMID: 39755219.
9. Pérez-Peiró M, Alvarado Miranda M, Martín-Ontiyuelo C, Rodríguez-Chiaradía DA, Barreiro E. Nitrosative and Oxidative Stress, Reduced Antioxidant Capacity, and Fiber Type Switch in Iron-Deficient COPD Patients: Analysis of Muscle and Systemic Compartments. Nutrients. 2023 Mar 17;15(6):1454. doi: 10.3390/nu15061454. PMID: 36986182; PMCID: PMC10053245.
10. Mohr M, Ermidis G, Jamurtas AZ, Vigh-Larsen JF, Poulios A, Draganidis D, Papanikolaou K, Tsimeas P, Batsilas D, Loules G, Batrakoulis A, Sovatzidis A, Nielsen JL, Tzatzakis T, Deli CK, Nybo L, Krustrup P, Fatouros IG. Extended Match Time Exacerbates Fatigue and Impacts Physiological Responses in Male Soccer Players. Med

Sci Sports Exerc. 2023 Jan 1;55(1):80-92. doi: 10.1249/MSS.0000000000003021. Epub 2022 Aug 12. PMID: 35977104; PMCID: PMC9770137.

11. Yan Z, Lira VA, Greene NP. Exercise training-induced regulation of mitochondrial quality. Exerc Sport Sci Rev. 2012 Jul;40(3):159-64. doi: 10.1097/JES.0b013e3182575599. PMID: 22732425; PMCID: PMC3384482.
12. Thomakos P, Spyrou K, Tsoukos A, Katsikas C, Bogdanis GC. High-Intensity Interval Training Combined with High-Load Strength Training Improves Aerobic Fitness, Match Goals and Match Result during the In-Season Period in Under-19 Soccer Players. Sports (Basel). 2023 Dec 20;12(1):2. doi: 10.3390/sports12010002. PMID: 38275981; PMCID: PMC10819200.
13. Sancese A, Taylor L, Walsh G, Byrd E, Delextrat A. Effects of sprint versus strength training on risk factors for hamstring injury in football players. J Sports Med Phys Fitness. 2023 Apr;63(4):580-587. doi: 10.23736/S0022-4707.22.14529-9. Epub 2023 Jan 18. PMID: 36651683.
14. de Almeida, M. B., Oliveira, C., Ornelas, G., Soares, T., Souto, J., Póvoa, A. R., Ferreira, L. M. A., & Ricci-Vitor, A. L. (2023). Intra-Rater and Inter-Rater Reliability of the Kinvent Hand-Held Dynamometer in Young Adults. 12. https://doi.org/10.3390/msf2023022012
15. Florencio LL, Martins J, da Silva MRB, da Silva JR, Bellizzi GL, Bevilaqua-Grossi D. Knee and hip strength measurements obtained by a hand-held dynamometer stabilized by a belt and an examiner demonstrate parallel reliability but not agreement. Phys Ther Sport. 2019 Jul;38:115-122. doi: 10.1016/j.ptsp.2019.04.011. Epub 2019 Apr 25. PMID: 31091492.
16. Kelln B, McKeon P, Gontkof L, Hertel J. (2008). Hand-held dynamometry: reliability of lower extremity muscle testing in healthy, physically active,young adults. J Sport Rehabil., 17(2),160-170, Doi: 10.1123/jsr.17.2.160.
17. Wadsworth C, Krishnan R, Sear M, Harrold J, Nielsen D. (1987). Intrarater reliability of manual muscle testing and hand-held dynametric muscle testing. Phys Ther., 67(9),1342-1347, Doi: 10.1093/ptj/67.9.1342.
18. Güler Ö, Aras D, Akça F, Bianco A, Lavanco G, Paoli A, Şahin FN. Effects of Aerobic and Anaerobic Fatigue Exercises on Postural Control and Recovery Time in Female Soccer Players. Int J Environ Res Public Health. 2020 Aug 28;17(17):6273. doi: 10.3390/ijerph17176273. PMID: 32872251; PMCID: PMC7503876.

19. Garnacho-Castaño, M. V., Faundez-Zanuy, M., Serra-Payá, N., Maté-Muñoz, J. L., López-Xarbau, J., & Vila-Blanch, M. (2021). Reliability and validity of the polar v800 sports watch for estimating vertical jump height. Journal of Sports Science and Medicine, 20(1), 149–157. https://doi.org/10.52082/jssm.2021.149.
20. Vilela EM, Oliveira C, Oliveira C, Torres S, Sampaio F, Primo J, Ribeiro J, Teixeira M, Oliveira M, Bettencourt N, Viamonte S, Fontes-Carvalho R. Sixty years of the Bruce protocol: reappraising the contemporary role of exercise stress testing with electrocardiographic monitoring. Porto Biomed J. 2023 Oct 16;8(5):e235. doi: 10.1097/j.pbj.0000000000000235. PMID: 37846299; PMCID: PMC10575366.