



**“Relación Entre la Fuerza Relativa en Sentadillas y el Salto Vertical en
Sujetos con Experiencia en el Entrenamiento de Fuerza con Sobrecarga”**

Autor: Francisco Eduardo Rupil

Universidad de Concepción del Uruguay

Licenciatura de Educación Física con Orientación a las Ciencias del Ejercicio

Lucas Gabriel Liotta

Rosario, Argentina

Agosto de 2025

Índice

Resumen	1
Introducción	2
Justificación	4
Problema	5
Objetivos	6
General	6
Específicos	6
Hipótesis	6
Estado del Arte	7
Marco Teórico	12
Fuerza	12
La fuerza desde el ámbito fisiológico	14
Sistema Neuromuscular	14
Tipos de fibras musculares	16
Diferentes manifestaciones de fuerza	17
Fuerza explosiva	24
Potencia	28
Ejercicio de sentadillas	30
Estimación de 1RM	32
Valoración de la fuerza mediante el test de SJ (salto desde media sentadillas o squat jump)	33
Coeficiente de fuerza relativa	34
Marco Metodológico	35
Diseño experimental	35
Contextualización	36
Selección de muestra	36
Recolección de datos	37
Instrumentos de medición	37
Medidas recolectadas	37
Protocolos de los test de squat jump, 1RM en sentadillas y coeficiente de fuerza relativa	38
Descripción de los test a realizar	38
Análisis de Datos	41
Resultados	41
Discusión	47
Aplicaciones prácticas	49
Limitaciones del estudio	51
Conclusión	51
Bibliografía	54

Resumen

El objetivo del presente estudio fue analizar la relación entre la fuerza relativa en sentadillas y el rendimiento en el salto vertical desde media sentadillas o squat jump (SJ), en personas que entrenan la fuerza a nivel amateur.

La muestra está conformada por 33 sujetos, 24 hombres y 9 mujeres, con una edad promedio en hombres de 28 años y en mujeres de 24 años, un peso promedio en hombres de 88 kilos y en mujeres de 64 kilos, y una altura promedio en hombres de 176 centímetros y en mujeres de 162 centímetros. Todos físicamente activos, sin experiencia competitiva profesional, pero con participación regular en entrenamientos de fuerza.

Se evaluó mediante un test de 1RM en sentadillas, el promedio en hombres fue de 137,19 kilos y en mujeres de 82,5 kilos, a partir de este se obtuvo el coeficiente de fuerza relativa, donde en hombres fue de 1,58 y en mujeres fue de 1,29. Mientras que para el rendimiento en el salto vertical, se utilizó el test de squat jump, la altura promedio en hombres fue de 36,34 centímetros y en mujeres fue de 30,54 centímetros.

Se aplicaron análisis estadísticos correlacionales y de regresión. Los resultados evidenciaron una correlación positiva y significativa entre ambas variables ($r = 0.768$, $p < 0.05$), con un intervalo de confianza del 95% que no incluye el valor cero.

El modelo de regresión lineal mostró que la fuerza relativa es un predictor confiable del rendimiento en el SJ, explicando un 58.98% de la varianza observada ($R^2 = 0.5898$), sin presencia de multicolinealidad ($FIV = 1.00$). Se estimó que un aumento de una unidad en fuerza relativa se asocia con una mejora promedio de 17 cm en el rendimiento del salto.

Estos hallazgos destacan la importancia de la fuerza relativa como variable a tener en cuenta para el desarrollo del rendimiento en acciones explosivas, y respaldan su inclusión como indicador de referencia en programas de entrenamiento y evaluación de atletas tanto amateurs como profesionales.

Introducción

La fuerza es una de las capacidades condicionales fundamentales en el ser humano, desde acciones cotidianas hasta las destrezas deportivas en diferentes disciplinas. Constituye la base sobre la cual se desarrollan otras manifestaciones físicas como la velocidad, la resistencia y la potencia.

“La fuerza es un componente esencial para el rendimiento de cualquier ser humano y su desarrollo formal no puede ser olvidado en la preparación de los deportistas” (Verhoshansky, Siff, 1999, p.20).

El rendimiento físico en actividades deportivas depende en gran medida de cualidades como la fuerza, la potencia y la velocidad.

Uno de los ejercicios más utilizados para desarrollar la fuerza de los músculos de las extremidades inferiores es la sentadilla. En especial, la sentadilla con carga ha demostrado ser un medio eficaz para aumentar la fuerza máxima, una cualidad que podría tener una influencia directa sobre la capacidad de salto. En poblaciones deportivas de alto rendimiento se ha documentado una correlación entre la fuerza en sentadillas y el desempeño en el salto vertical.

Sin embargo, la evaluación de esta capacidad puede cambiar desde una visión centrada únicamente en la fuerza absoluta (peso total levantado), hacia el análisis de la fuerza relativa,

entendida como la cantidad de carga movilizada en proporción al peso corporal del individuo. Este enfoque es particularmente útil cuando se trata de movimientos que implican el desplazamiento del propio cuerpo en el espacio, como el salto vertical, donde no solo importa cuánta fuerza se genera, sino cómo se traduce esa fuerza en movimiento.

Comprender si existe una relación significativa entre la fuerza relativa en sentadillas y el rendimiento en el salto vertical en personas que entrenan a nivel amateur permitiría optimizar programas de entrenamiento, enfocando los esfuerzos en métodos que realmente impacten en el rendimiento. Además, ayudaría a establecer herramientas de predicción del rendimiento que puedan aplicarse en contextos no profesionales, donde los recursos para mediciones especializadas suelen ser limitados.

Por tanto, esta investigación se propuso analizar la relación entre la fuerza relativa en sentadillas y el salto vertical en individuos que entrenan a nivel amateur, con el objetivo de determinar si la mejora de la fuerza puede utilizarse como un indicador válido del rendimiento explosivo.

El trabajo se realizó en la ciudad de Marcos Juárez, provincia de Córdoba, en diferentes gimnasios de la ciudad, en los cuales concurren personas con diversos objetivos, como estéticos, salud y deportivos a nivel amateur.

La muestra está comprendida de 33 sujetos, 24 hombres y 9 mujeres, con una edad promedio en hombres de 28 años y en mujeres de 24 años, un peso promedio en hombres de 88 kilos y en mujeres de 64 kilos, y una altura promedio en hombres de 176 centímetros y en mujeres de 162 centímetros.

Se recolectaron los siguientes datos, 1RM en sentadillas, test de squat jump, y con los resultados de 1RM en sentadillas y el peso corporal se obtuvo la fuerza relativa de cada sujeto. Los resultados obtenidos fueron para el test de 1RM en sentadillas el promedio en hombres fue

de 137,19 kilos y en mujeres de 82,5 kilos, para el test de squat jump en hombres la altura promedio fue de 36,34 centímetros y en mujeres fue de 30,54 centímetros, y para coeficiente de fuerza relativa en hombres fue de 1,58 y en mujeres fue de 1,29.

Justificación

En el entrenamiento se busca estimular y desarrollar todas las capacidades condicionales del ser humano, pero la capacidad madre parece ser la fuerza. Cualquier actividad como caminar, correr o realizar un récord del mundo, está mediada por la contracción muscular (D. Cappa, 2000).

El desarrollo de la potencia muscular, particularmente en el tren inferior, es un aspecto fundamental en disciplinas deportivas que requieren movimientos explosivos como el salto vertical. Esta habilidad es comúnmente entrenada y evaluada tanto en contextos competitivos como en poblaciones amateurs que buscan mejorar su rendimiento físico general. Por ello, identificar qué variables influyen en el salto vertical permite optimizar la planificación del entrenamiento, incluso en personas que no se dedican profesionalmente al deporte.

Uno de los ejercicios más utilizados para mejorar la fuerza de las piernas es la sentadilla con carga. Tradicionalmente, se ha evaluado la fuerza absoluta —el total de peso levantado—, pero otra opción muy relevante es la fuerza relativa, es decir, la capacidad de levantar peso en proporción al propio peso corporal. Esta variable es especialmente significativa en movimientos como el salto, donde el cuerpo debe impulsarse contra la gravedad, y por tanto, una mayor fuerza relativa puede traducirse en un mayor rendimiento explosivo.

Estudiar esta relación podría aportar herramientas prácticas para el diseño de entrenamientos más específicos, eficientes y accesibles. Además, permitiría utilizar la fuerza relativa como una posible variable predictiva del rendimiento en el salto, lo que sería de gran utilidad para entrenadores y practicantes sin acceso a equipamiento sofisticado.

En este contexto, la presente investigación busca generar conocimiento aplicable y basado en evidencia, que contribuya tanto a la literatura científica como a la mejora de la práctica del entrenamiento físico en poblaciones no profesionales.

Problema

¿Existe una relación significativa entre el test de Squat Jump y la fuerza relativa en sentadillas en sujetos que realizan entrenamiento de fuerza con sobrecarga a nivel amateur?

¿Puede predecirse el rendimiento en el salto desde media sentadilla a partir del desempeño de la fuerza relativa en sentadillas?

De acuerdo a estas preguntas que se plantearon, se buscó orientar el desarrollo de esta investigación hacia comprender la relación entre la fuerza relativa en sentadillas y el rendimiento en el salto vertical desde media sentadilla (squat jump). Responder a estas preguntas, nos permite establecer evidencia para poder optimizar programas de entrenamiento de fuerza en sujetos con diferentes niveles de entrenamiento.

Objetivos

General

Determinar la relación entre la fuerza relativa en sentadillas y el rendimiento en el salto vertical desde media sentadilla en personas que entrenan a nivel amateur.

Específicos

Analizar la relación entre la fuerza relativa en sentadillas y la altura alcanzada en el test de squat jump en sujetos entrenados a nivel amateur.

Establecer si la fuerza relativa en sentadillas puede predecir el rendimiento en el salto desde media sentadilla.

Hipótesis

“Existe una relación significativa entre la fuerza relativa en sentadillas y el rendimiento en el salto vertical desde media sentadilla en personas que entrenan a nivel amateur”

“Existe una asociación y un efecto positivo de la fuerza relativa en sentadillas sobre la altura alcanzada en el test de squat jump en sujetos entrenados a nivel amateur”

“La fuerza relativa en sentadillas es un predictor significativo del rendimiento en el squat jump, explicando un porcentaje significativo de la variación del salto”

Estado del Arte

La capacidad de la fuerza y el salto vertical, han sido estudiadas en los últimos años. Es un permanente motivo de estudio para expertos en las ciencias del ejercicio con aplicación al rendimiento deportivo profesional y amateur, ya que las competencias son cada vez más exigentes en todos ambos niveles, y se necesita contar con datos para sacar el máximo rendimiento posible de los atletas al momento de competir.

Una investigación de Takuya Nishioka y Junichi Okada en el año 2022, tuvo como objetivo evaluar las asociaciones de los indicadores de fuerza máxima y reactiva con los perfiles f-v obtenidos del salto desde media sentadillas (SJ) y el salto con contramovimiento (CMJ). Para ello, 20 sujetos entrenados en fuerza se sometieron a mediciones de una 1RM en medio sentadilla (HSQ), luego para calcular el índice de fuerza reactiva (RSI) se midieron los rendimientos de saltos con caída (DJ) y los parámetros de los perfiles f-v (fuerza máxima teórica [F0], velocidad [V0], potencia [Pmax] y pendiente de la relación lineal F-v [SFv]) obtenidos de los saltos del SJ y el CMJ. Los resultados obtenidos fueron que el RSI del DJ no se correlacionó significativamente con ningún parámetro de los perfiles verticales F-v, mientras que el HSQ 1RM relativo sí se correlacionó significativamente con el F0 de SJ ($r = 0,508$, $p = 0,022$), el F0 de CMJ ($r = 0,499$, $p = 0,025$), el SFv de SJ ($r = -0,457$, $p = 0,043$) y la Pmáx de CMJ ($r = 0,493$, $p = 0,027$). En conclusión, estos resultados sugieren que la fuerza máxima es un indicador más importante que la fuerza reactiva para mejorar los perfiles verticales F-v de ambos saltos. Aquí podemos ver, que la variable tomada fue la fuerza relativa en sentadillas, en vez de 1RM en sentadillas. Dado el resultado que se obtuvo, nos sugirió hacer uso de la misma variable.

En cambio, otro estudio del año 2017 tenía como objetivo determinar la correlación entre la RM en media sentadillas y la altura en el salto vertical en sujetos experimentados en el entrenamiento de fuerza con sobrecargas, participaron 10 sujetos de sexo masculino de $17,40 \pm 2,32$ años de edad, talla $172,10 \pm 5,76$ cm y un peso de $79,13 \pm 19,54$ kg. Se llevó a cabo un test de RM en media sentadilla y dos test de saltos SJ y CMJ. El estudio concluyó en que la correlación existente entre la 1RM en media sentadilla y la altura en SJ ($r = -0,33$, $p > 0,05$) y CMJ ($r = 0,29$, $p > 0,05$) no es significativa en sujetos con experiencia en el entrenamiento de fuerza con sobrecargas, teniendo en cuenta la ejecución de los movimientos que son diferentes y al igual su fuerza ejercida durante el mismo (Andrés Alonso Acevedo Mindiola, Rafael Enrique Lozano Zapta, Brian Johan Bustos Viviescas). En esta ocasión los resultados no fueron los esperados, pero la variable utilizada fue 1RM en sentadillas y no la fuerza relativa.

En el año 2019 se llevó a cabo una investigación por parte de Souhail Hermassi, Mohamed Souhail Chelly, Herbert Wagner, Georg Fieseler, Stephan Schulze, Karl-Stefan Delank, Roy J. Shephard y René Schwesig. La meta de este estudio fue examinar las relaciones entre la fuerza muscular de los miembros inferiores del cuerpo, características antropométricas y varias medidas de desempeño explosivo en jugadores de balonmano de equipos de élite, se estudiaron 22 jugadores masculinos (edad: $19,1 \pm 1,7$ años) durante la temporada competitiva. Se evaluó índice de masa corporal, volumen muscular de las extremidades inferiores y los muslos, y porcentaje de grasa corporal. Se determinó la fuerza máxima de las piernas mediante un test de una repetición máxima en una media sentadilla (1RM), el rendimiento del salto vertical se evaluó mediante un salto en cuclillas (SJ) y un salto de contra movimiento (CMJ), la capacidad de repetir sprints (RSA) fue evaluada por 6 sprints de ida y vuelta (2×15 m) con 20 s de intervalos de recuperación activa, el mejor tiempo en un solo sprint de lanzadera (30 m; RSAbest), tiempo total más rápido (RSATT) y se registró la disminución del rendimiento de la

prueba RSA (RSAdec). La agilidad se midió utilizando una prueba de mitad T modificada (MAT). Velocidades de lanzamiento de tiro en salto y lanzamiento de 3 pasos fueron grabadas por cámara de video digital. Los resultados fueron que la varianza explicada del test de 1RM en sentadillas osciló entre 0,2% (RSA% índice de fatiga) y 70,1% (CMJ). Cuatro de 8 variables (RSA Best Time, CMJ, SJ, velocidad de lanzamiento de salto) demostró un $r^2 > 0,5$. Las actuaciones de salto parecieran estar estrechamente relacionadas con 1RM en sentadillas. Además, 1RM en sentadillas se correlacionaron positivamente con volúmenes de los músculos de las piernas y los muslos ($r = 0,652$, $r = 0,768$). Las características antropométricas y algunas de las pruebas de rendimiento físico están estrechamente relacionadas con la fuerza máxima de los jugadores de balonmano. Podemos observar en esta ocasión, que las medidas antropométricas están relacionadas con la fuerza máxima y a su vez con los rendimientos en los saltos. Por esto, creo que, una forma más simplificada y al alcance de cualquiera de poder tener en cuenta las características corporales en individuos entrenados con sobrecarga, puede ser la fuerza relativa.

En otra ocasión, en el año 2020, Michał Boraczy ski, Tomasz Boraczy ski, Robert Podstawski, Zbigniew Wójcik y Piotr Gronek, tuvieron como propósito evaluar diferentes variables fisiológicas. Veinticinco jugadores de fútbol masculino ($25,1 \pm 4,56$ años; masa corporal, $75,2 \pm 5,92$ kg; altura corporal, $180,6 \pm 5,45$ cm) realizaron: sprints de 5 y 30 m (T5m y T30m, respectivamente), media sentadilla de 1 repetición máxima (1RM), contracción isométrica voluntaria máxima (MVIC) de los extensores de la rodilla, salto con contramovimiento (CMJ) para obtener la altura del salto vertical (CMJheight) y la potencia de salida (CMJpower), el test anaeróbico de Wingate de 10 s (WAnT) para obtener la potencia máxima (Pmax) y el test de carrera de ida y vuelta de 20 m en múltiples etapas (MST) para evaluar la capacidad aeróbica. 1RM, MVIC y Pmax se normalizaron según la masa corporal. Se encontraron correlaciones negativas significativas entre los tiempos de sprint y 1RM en media sentadilla/MC ($r = -0,510$ a -

0,570, $r^2 = 0,260-0,325$, ambos $p < 0,01$) y $P_{\text{máx}}/MC$ ($r = -0,501$, $r^2 = 0,251$, $p < 0,01$). T30m mostró la correlación más fuerte y negativa con la altura del CMJ ($r = -0,744$, $r^2 = 0,554$, $p < 0,001$). La P_{max} determinada por WAnT mostró una correlación muy grande entre la P_{max} absoluta y la MVIC del extensor de rodilla ($r = 0,827$, $r^2 = 0,684$, $p < 0,001$) y grandes correlaciones entre la P_{max} absoluta y 1RM en media sentadilla ($r = 0,674$, $r^2 = 0,454$, $p < 0,001$) y CMJpower ($r = 0,579$, $r^2 = 0,335$, $p < 0,01$). También identificamos una gran relación inversa entre CMJheight y T30m ($r = -0,744$, $r^2 = 0,554$, $p < 0,001$) y una gran correlación positiva entre CMJheight y MVIC/BM ($r = 0,702$, $p < 0,001$). Los resultados demostraron que los jugadores de fútbol de élite con mayor fuerza del tren inferior (cuantificada por la MVIC del extensor de rodilla y la media sentadilla de 1RM) muestran un mejor rendimiento en el sprint y CMJ, lo que sugiere la incorporación de entrenamiento de resistencia específico del fútbol para desarrollar la musculatura del tren inferior y, por lo tanto, maximizar la capacidad de sprint. En esta investigación, los mismos autores sugieren el uso de medidas relativas cuando se comparan variables de fuerza con el rendimiento del CMJ o sprint. Esto me sugirió, un motivo más para el uso de la fuerza relativa en sentadillas como variable.

Michael Keiner , Torsten Brauner, Björn Kadlubowski, André Sander y Klaus Wirth, en el año 2022, tenían el objetivo de analizar la influencia de la fuerza relativa en sentadillas con barra Smith (REL SQ), en el sprint de 30 metros (LS) y en el rendimiento de salto (desde media sentadilla (SJ) y contramovimiento (CMJ), en una muestra de 492 jugadores juveniles de fútbol de élite. Los jugadores de fútbol se dividieron en subgrupos según su rendimiento de fuerza: nivel de fuerza 1 (0,0-0,5 REL SQ), nivel de fuerza 2 (>0,5-1,0 REL SQ), nivel de fuerza 3 (>1,0 a 1,5 REL SQ), nivel de fuerza 4 (>1,5 a 2,0 REL SQ) y nivel de fuerza 5 (>2,0 REL SQ). Los resultados de este estudio muestran que REL SQ explica el 45-53 % ($r = 0,67-0,73$) de la varianza de SJ, CMJ y LS para la muestra total. Los niveles de fuerza 2-4 mostraron coeficientes de

correlación similares en el rendimiento de salto ($r = 0,42-0,55$) y los niveles de fuerza 2 y 3 en el rendimiento de sprint ($r = 0,41$). Los respectivos niveles de fuerza extremos mostraron coeficientes de correlación más bajos con las variables de rendimiento de sprint y salto ($r = 0,11-0,29$). No se pudieron calcular coeficientes para el nivel de fuerza 5, ya que ningún atleta alcanzó un nivel de fuerza adecuado ($REL\ SQ > 2,0$). Los datos de este estudio muestran una clara influencia del REL SQ en el rendimiento en sprint y salto, incluso en una muestra grande como fue en este caso. Respecto a este estudio, pude tener en cuenta que, una fuerza relativa baja como en el grupo fuerza 1 no tiene una correlación significativa y también que no hubo sujetos en el grupo fuerza 5 ($REL\ SQ > 2,0$). Esto me llevó a pensar que la muestra no tendría que ser en juveniles como es en este caso.

En el año 2020 también, un trabajo llevado por Stef Raluca Doina y Grosu Emilia Florina, buscaba determinar las relaciones entre la fuerza máxima en sentadillas, la fuerza isométrica máxima, el salto desde media sentadillas y el salto con contramovimiento y si el entrenamiento de potencia mejora estos parámetros. La muestra fue de 16 atletas, divididos en dos grupos, realizaron dos pruebas de fuerza máxima en sentadilla y dos pruebas de salto vertical antes y después del programa de intervención. La fuerza absoluta mostró una fuerte correlación con la altura del salto desde sentadilla ($r = 0,762, p < 0,001$) y la altura del salto con contramovimiento ($r = 0,760, p < 0,001$), así como entre la fuerza isométrica máxima y el salto desde media sentadilla ($r = 0,418, p = 0,036$). El cambio porcentual dentro del grupo experimental fue significativamente diferente entre la intervención previa y la posterior para cada parámetro evaluado en el orden descrito, respectivamente: 14 %; 16,8 %; 14,9 %; 9,1 %. Luego de 8 semanas de entrenamiento con sentadillas con salto, se registraron mejoras significativas en los cuatro parámetros medidos: salto desde media sentadilla, salto con contramovimiento, fuerza máxima (absoluta) y fuerza isométrica máxima. Estos resultados sugieren que el entrenamiento

de sentadilla con salto puede mejorar varios rendimientos atléticos, desarrollando altos niveles de fuerza en la parte inferior del cuerpo para mejorar el rendimiento del salto. Lo que observe y reafirme con este estudio es que, a mayor fuerza de miembros superiores, mejores rendimientos en saltos verticales y que en este caso se usó como variable la fuerza absoluta, la cual es válida, pero creo que la fuerza relativa nos puede brindar un resultado más acertado y se obtiene de manera muy simple.

En conclusión, podría decirse que, entre todas las investigaciones recolectadas hay una variedad de resultados con respecto a la correlación entre un 1RM en sentadillas (fuerza máxima o absoluta) o la fuerza relativa en sentadillas y los diferentes tipos de saltos verticales y otras destrezas. Pero en su mayoría, todas concluyen con que la fuerza tiene una relación positiva sobre los saltos verticales. Solo hubo una excepción, en un estudio en el cual no encontraron una relación positiva con respecto a este tema. Viendo esto, puede haber diferentes factores por los cuales no haya una correlación significativa entre estas variables, para Bosco algunas de estas variables podrían ser las estructuras morfológicas del sujeto, sus características nerviosas, condiciones hormonales de ese momento, etc. De acuerdo con Bosco (2000) tener un nivel óptimo de F_{max} es fundamental para poder desarrollar elevados gradientes de fuerza explosiva.

Marco Teórico

Fuerza

Antes de proponer un cierto entrenamiento de fuerza o evaluaciones de la fuerza es determinante saber ciertos conceptos básicos sobre ella misma y sus diferentes manifestaciones.

En la bibliografía encontramos varias definiciones de la capacidad física fuerza. “Es la capacidad de un músculo o grupo de músculos determinados para generar una fuerza muscular bajo unas condiciones específicas, es un producto de una acción muscular iniciada y orquestada por procesos eléctricos en el sistema nervioso” (Verkhoshanski y Siff 1999, p.19)

“Es la capacidad de un ser humano para vencer o contrarrestar una resistencia por medio de una actividad muscular” (Platonov, 2005, p.33).

En términos más estructurales “la fuerza muscular es producida por los numerosos puentes de actomiosina que se forman durante un tiempo muy breve” (Bosco, 2000, p.22).

En términos mecánicos “la fuerza se define como, toda acción de un cuerpo material sobre otro capaz de provocarle cambios en el estado de reposo o movimiento”. Desde el punto de vista fisiológico, la fuerza muscular constituye una capacidad neuromotora esencial, que puede manifestarse de diferentes maneras, dependiendo de las condiciones individuales y los objetivos en que se realice cada ejercicio (Naclerio, 2011, p.96).

Otra definición de fuerza orientada al ámbito deportivo, “la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse o, como se entiende habitualmente, al contraerse” (González Badillo y Gorostiaga Ayestaran, 1995, p.19).

La fuerza muscular puede definirse también desde el punto de vista de la física como “la capacidad de la musculatura para producir la aceleración o deformación de un cuerpo, mantenerlo inmóvil o frenar su desplazamiento” (González Badillo y Gorostiaga Ayestaran, 1995, p.19).

Se presentaron estas definiciones de fuerza por ser tomadas desde diferentes puntos de vista y de autores reconocidos mundialmente, pero voy a tomar la definición de Michael Pradet por ser más simple y general. “La fuerza, en cuanto a propiedad humana, es la facultad de vencer una resistencia exterior o de oponerse a esta fuerza gracias a la contracción muscular” (Michael Pradet, 1999, p.95).

La fuerza desde el ámbito fisiológico

Tomando este punto de vista podemos decir que los músculos funcionan como una unidad, pero no es así, los músculos esqueléticos trabajan en conjunto para lograr determinadas acciones. Como es, en el caso de este trabajo, para lograr una sentadilla o un salto.

“La contracción del músculo esquelético es un proceso que nos permite generar fuerza para mover una carga. Se define como la activación de fibras musculares con tendencia a que estas se acorten. En fisiología muscular, la fuerza generada por el músculo que se contrae se denomina tensión muscular; la carga es un peso o una fuerza que se opone a la contracción de un músculo. La generación de tensión en un músculo es un proceso activo que requiere un aporte energético por parte del ATP” (López Chicharro, Fernández Vaquero, 2006, p.98).

Según Wildmore y Costill (2007) una célula muscular individual se denomina fibra muscular, la cual está rodeada por una membrana de plasma llamada sarcolema. El citoplasma de una fibra muscular se llama sarcoplasma, la extensa red de túbulos visibles en el sarcoplasma que permiten la comunicación y el transporte de sustancias por toda la fibra muscular y el retículo sarcoplasmático que almacena calcio. Las miofibrillas están formadas por unidades funcionales más pequeñas que son los sarcómeros, los cuales se componen de filamentos de dos proteínas actina y miosina, estos son los responsables de la contracción muscular.

Sistema Neuromuscular

Para que el cuerpo pueda generar fuerza no solo es necesario un músculo y energía, también existe la participación del sistema nervioso que es el encargado de organizar esta cuestión a través de información que viaja por el cuerpo humano.

Según Kraemer y Hakkinen (2006) el sistema nervioso se divide en tres compartimientos coordinados entre ellos y con el sistema musculoesquelético. La producción de fuerza requiere la generación de una orden a nivel de los controladores centrales que luego será transformada por la médula espinal o el tronco cerebral en una activación de las unidades motoras de los músculos implicados.

Según Wildmore y Costill (2007) el SNC (sistema nervioso central) está compuesto de forma general por los siguientes componentes: encéfalo (cerebro, diencéfalo, cerebelo y tronco cerebral) y médula espinal; cada uno de estos tiene diferentes funciones que hacen posible el correcto funcionamiento de SNC ante un estímulo. Por otro lado, existe el SNP (sistema nervioso periférico), este sistema funcionalmente tiene dos sistemas principales el sensor y el motor. El sistema sensor lleva información hacia el sistema nervioso central, y el sistema sensor recibe información del sistema nervioso central y las transmite hacia varias partes de nuestro cuerpo. La división autónoma del SNP (sistema nervioso autónomo) ajusta funciones fisiológicas a través del cuerpo para asegurar que se satisfacen las necesidades de nuestros tejidos activos.

Para Wildmore y Costill (2007) la unidad motora está formada por una sola unidad motora y las fibras musculares que inerva. Cuando una unidad motora recibe el impulso eléctrico se extiende a todas las fibras musculares inervadas por esta neurona motora, la neurona motora y todas las fibras musculares que inerva forman una sola unidad motora. La actividad neuromuscular se gradúa sobre la base de un orden fijo de movilización de la reserva disponible de unidades motoras, cuanta más fuerza se necesita para realizar una cierta acción, más unidades motoras se movilizan y a su vez más fibras musculares se involucran.

Esto se podría traducir a que, a mayor intensidad expresada en kilogramos en el ejercicio de sentadillas, mayor cantidad de fibras musculares van a ser solicitadas y a su vez también en

poder contar con una mayor cantidad de fibras a la hora de realizar un salto, lo que desembocará en una mejora del rendimiento en esa acción.

Tipos de fibras musculares

Existen 2 tipos de fibras musculares en el cuerpo humano, las fibras tipo I, lentas, oxidativas o st y las fibras tipo II, rápidas, glucolíticas o ft. Dentro de las fibras tipo II existen las fibras tipo IIa y las fibras tipo IIx.

Estas fibras se distinguen según Willmore y Costill (2007) por tener diferentes ATPasas, en la fibra Ft actúa de forma rápida brindando energía para acción muscular con mayor rapidez que la ATPasa en las fibras ST, la ATPasa es una enzima encargada de dividir el ATP para liberar energía a fin de producir la contracción o de permitir la relajación. Las fibras FT producen más fuerza que las ST debido a que las neuronas motoras que abastecen a las fibras FT son mayores y aportan más fibras en comparación con las neuronas motoras que sustentan las fibras de las unidades motoras ST. Las fibras ST tienen una alta resistencia aeróbica y son adecuadas para actividades de resistencia de baja intensidad, en cambio, las fibras FT son mejores para actividad anaeróbica, las fibras FTa son bien utilizadas en series explosivas y las FTx se sabe que no se movilizan fácilmente para que actúen.

Se podría decir que los sujetos que posean mayor cantidad de fibras FT podrán obtener mejores resultados en sentadillas y en un salto vertical, dado que son acciones de carácter más instantáneo y de una gran intensidad, lo cual requiere de una rápida utilización de energía.

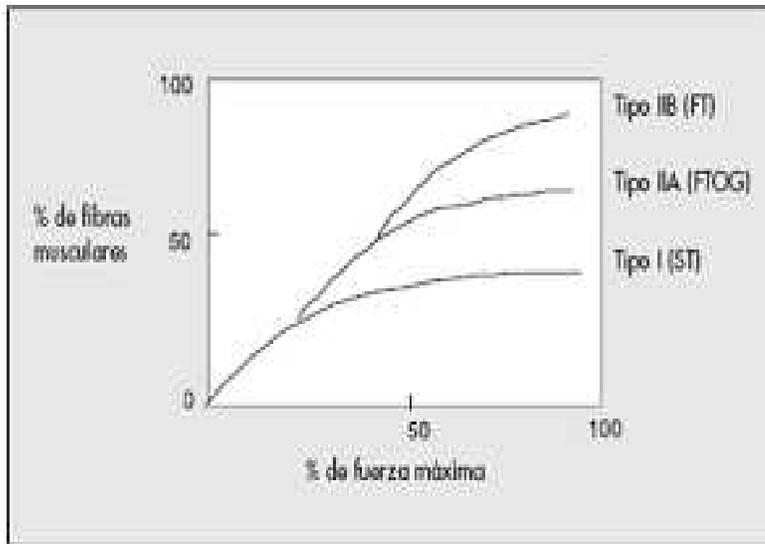


Gráfico 1. Dependencia de la secuencia de reclutamiento de las diferentes fibras musculares en función de la intensidad de ejercicio (Verhoshansky y Siff, 1999).

Diferentes manifestaciones de fuerza

En una gran cantidad de disciplinas deportivas no es necesario desarrollar la fuerza al máximo de las posibilidades del atleta, sino que se debe hallar la fuerza óptima que aporte el mejor beneficio en la realización de las diferentes técnicas y en el rendimiento del deportivo, esto también es válido a la hora de tener en cuenta a un sujeto con fines de salud o estéticos, ya que ninguno va a tener la necesidad de llegar al máximo de sus posibilidades de desarrollo de fuerza para lograr sus objetivos, se debe buscar algo óptimo y adecuado para cada situación en particular.

Antes de describir las diferentes manifestaciones de fuerza, primero se detallarán las acciones musculares según lo que dice Platonov (2007). La fuerza puede manifestarse de manera isométrica (estática) del trabajo muscular cuando durante la tensión no cambian su longitud, y de manera isotónica (dinámica) cuando la tensión genera un cambio en la longitud de los músculos.

En el régimen isotónico se distinguen dos variantes, concéntrico, en el que la resistencia se vence con una tensión de los músculos que disminuye su longitud, y excéntrico, cuando se realiza una acción contraria a la resistencia con una extensión al mismo tiempo que elongando el músculo.

Según Weineck (2005) existen tres formas principales de fuerza:

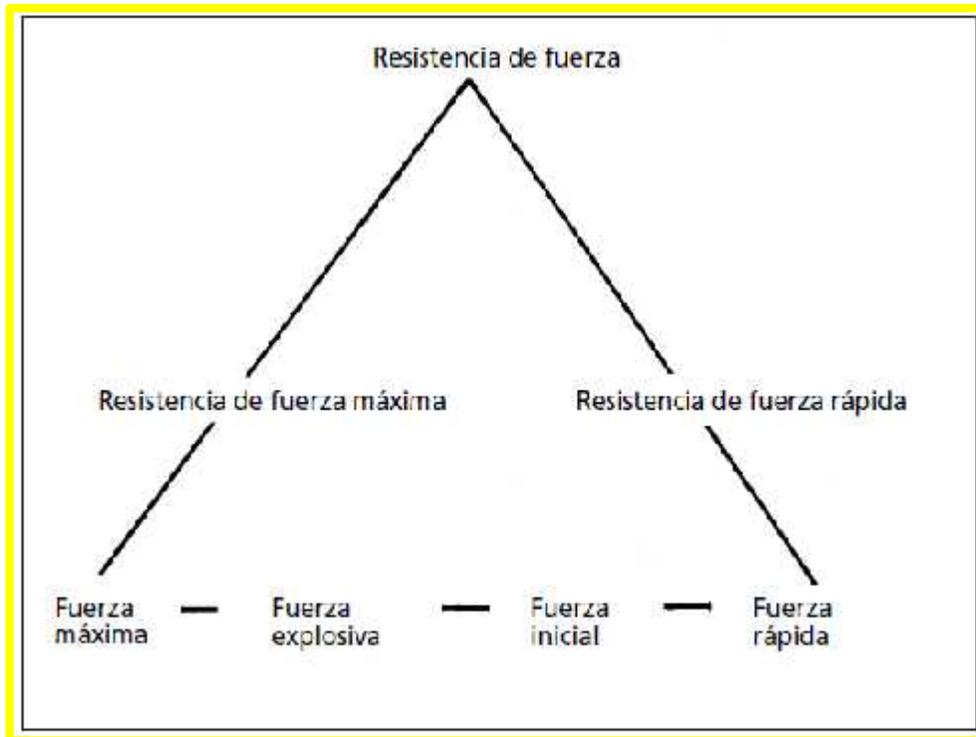


Gráfico 2. Las interacciones de las tres formas principales de la fuerza (Weineck, 2005, p.215).

La fuerza se manifiesta de diferentes maneras, de acuerdo a la acción que se realiza, “la fuerza nunca aparece en las diferentes modalidades bajo una “forma pura” abstracta, sino que siempre aparece en una combinación o forma mixta, más o menos matizada, de los factores de rendimiento de la condición física” (Weineck, 2005, p.216).

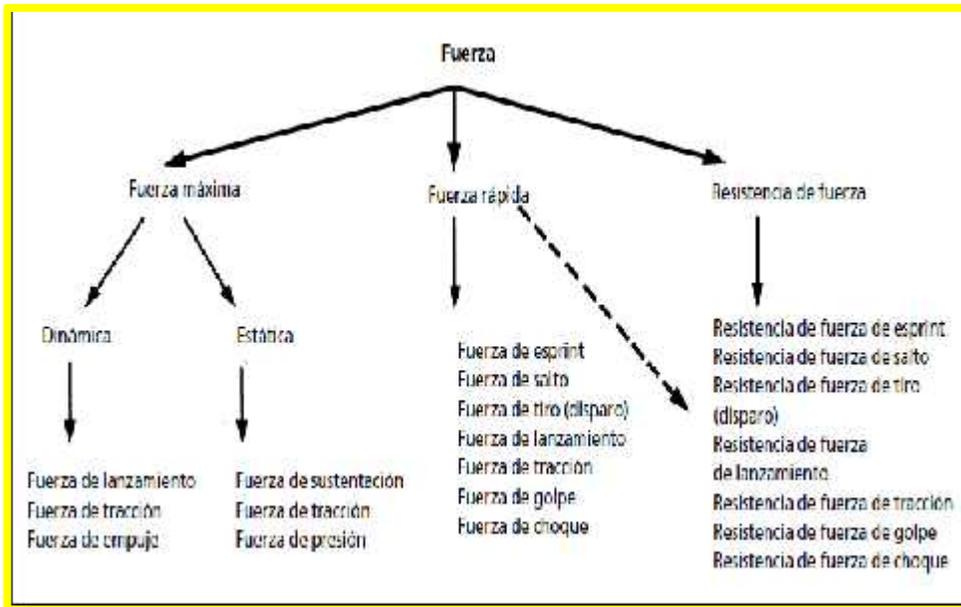


Gráfico 3. La fuerza y sus diferentes capacidades y formas de manifestación (tomado de Letzelter/Letzelter, 1986, citado en Weineck, 2005).

Para Weineck (2005) la fuerza máxima es la máxima fuerza posible que el sistema neuromuscular puede ejercer en contracción máxima voluntaria, se pueden distinguir la fuerza máxima estática, es la que el sistema neuromuscular es capaz de ejercer con contracción voluntaria contra una resistencia insuperable; la fuerza máxima dinámica es la que el sistema neuromuscular es capaz de realizar con contracción voluntaria dentro de una secuencia motora. Esta manifestación de fuerza depende de los siguientes aspectos, la sección transversal fisiológica del músculo, la coordinación intermuscular y la coordinación intramuscular.

Estos aspectos mencionados son fundamentales a lo hora de realizar una sentadilla o un salto y requieren de un entrenamiento para llegar a obtener estas adaptaciones, el hecho de que haya una mejor coordinación en el interior del músculo (intramuscular) y entre los músculos involucrados en la acción (intermuscular), desencadena un mayor rendimiento tanto en sentadillas como en un salto, y a su vez un desarrollo de la sección transversal del músculo hará

que haya un aumento en la capacidad contráctil del músculo, es decir, una contracción muscular con mayor intensidad.

En cuanto a la fuerza máxima del tren inferior, Verhoshansky y Siff (1999) dice que, en una extensión aislada de rodilla, la fuerza máxima se produce entre los 80° y los 130°, en cambio cuando los nexos del sistema se alargan (extensión de cadera y rodilla) la fuerza máxima se produce cuando el ángulo de la cadera está próximo a la extensión máxima y el ángulo de rodilla está cerca a los 160°.

“La fuerza rápida tiene que ver con la capacidad del sistema neuromuscular para mover el cuerpo, partes del cuerpo (por ejemplo, brazos, piernas) u objetos (por ejemplo, balones, pesas, jabalinas, discos, etc.) con velocidad máxima” (Weineck, 2005, p.217).

Según Weineck (2005) los movimientos de fuerza rápida están regulados por medio de programas, los programas motores cortos o largos. Los cortos se caracterizan por un impulso rápido y directo sobre los músculos participantes y los largos no manifiestan una activación muscular rápida de los músculos principales, el entrenamiento puede mejorar estos programas dentro de unos ciertos límites.

Cuando se produce un incremento en la carga a superar, según Weineck (2005) el grado de correlación entre la fuerza máxima y velocidad de movimiento incrementa con el aumento del peso. Esto depende de 3 factores:

- Del programa motor, los impulsos que activan los músculos necesarios para el correspondiente movimiento.
- Del tipo de fibras musculares, el impulso de fuerza inicial tiene una correlación directa con el porcentaje de fibras FT.

- De la fuerza de contracción de las fibras musculares utilizadas, la sección transversal de las musculares de contracción rápida necesarias para los movimientos rápidos máximos.

Estos factores mencionados, son fundamentales a la hora de poder cargar mayor cantidad de kilos en un ejercicio y mejoran con el entrenamiento del mismo, en este caso la sentadilla.

Dentro de la fuerza rápida Weineck (2005) nos explica dos distinciones, la fuerza inicial y la fuerza explosiva.

Por fuerza inicial Weineck (2005) dice que la capacidad para realizar un recorrido ascendente de la fuerza muy intenso al inicio de la contracción muscular, esto presenta un grado de relación con el programa motor y tiene un cierto grado de independencia con respecto a la fuerza.

En cuanto a la fuerza explosiva Weineck (2005) hace referencia a la capacidad para desarrollar un recorrido ascendente de la fuerza lo más pronunciado posible, lo importante es el incremento de fuerza por unidad de tiempo. La fuerza explosiva depende de la velocidad de contracción de las unidades motoras de las fibras FT, del número de unidades motoras contraídas, de la fuerza de contracción de las fibras reclutadas y de la fuerza máxima, ya que el peso adicional sometido a aceleración es elevado.

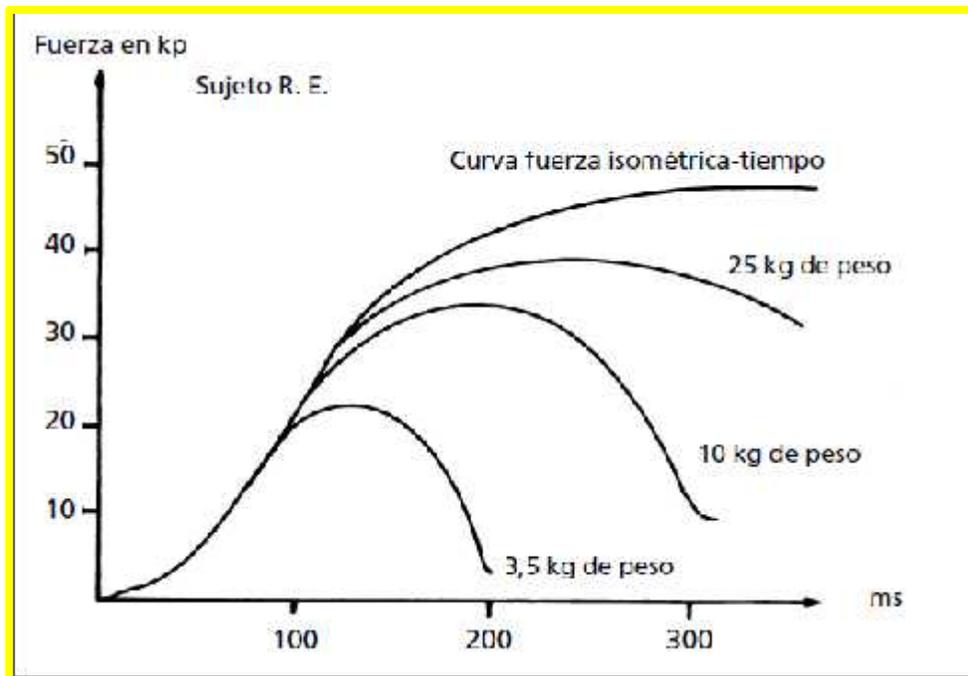


Gráfico 4. Curvas fuerza-tiempo con diferentes niveles de carga dinámica y con contracción isométrica (tomado de Buhle/Schmidtbleicher, 1981, citado de Weineck, 2005).

Para Weineck (2005) esto quiere decir que con resistencias escasas predomina la fuerza inicial, al aplicar más carga y prolongarse la aplicación de fuerza predomina la fuerza explosiva y ante cargas muy elevadas predomina la fuerza máxima. Por ejemplo, en el test de 1 RM en sentadillas hay un predominio de la fuerza máxima y en un salto vertical de la fuerza explosiva, pero a su vez todas se relacionan entre sí para lograr el mejor resultado posible.

Por último, tomaremos a la resistencia de fuerza que para Weineck (2005), tomado de Harre (1976) es la capacidad del organismo para soportar la fatiga con rendimientos de fuerza prolongados. Según Weineck (2005), tomado de Neumann (1989), las capacidades de resistencia de fuerza deberían enfocarse sobre todo hacia una adaptación de las fibras lentas y rápidas.

La resistencia de fuerza depende de algunos factores, según Cappa (2000), son los siguientes: tolerancia al lactato, fatiga neural central, fuentes de energía, etc. pero también de la fuerza máxima del individuo.

Otros autores como Platonov (2007) dicen que la fuerza resistencia depende de la potencia, la capacidad, la movilidad, la economía de los sistemas de suministros de energía y el nivel de fuerza máxima. En cuanto a la potencia y la capacidad, este autor hace referencia desde el punto de vista del sistema energético predominante, que en este caso sería el sistema glucolítico.

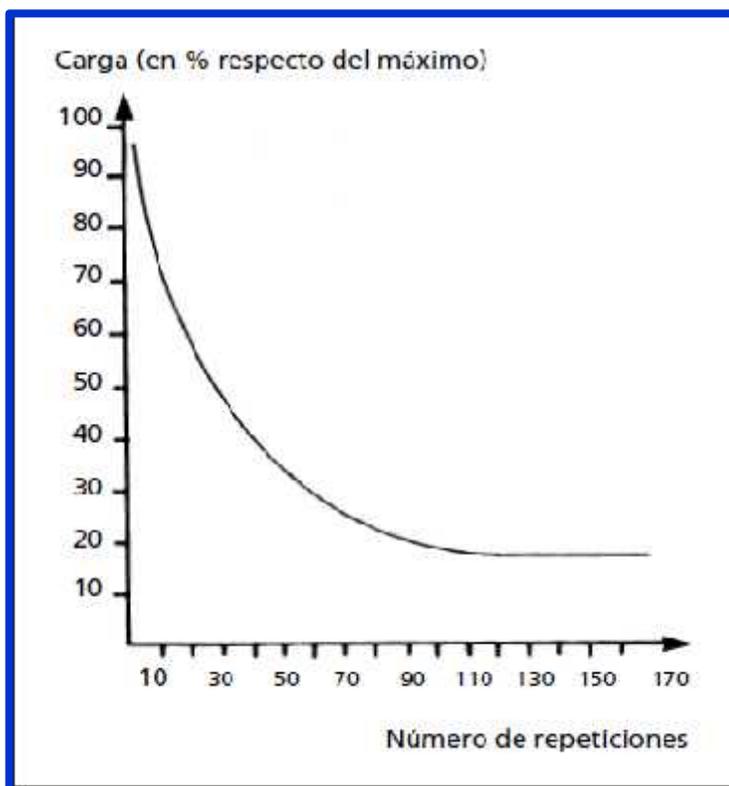


Gráfico 5. Dependencia entre intensidad de la carga y el número de repeticiones (tomado de Zaziorski, Volkov, Kulik citado en Matveiev, 1981).

Fuerza explosiva

La fuerza explosiva es una manifestación específica de la fuerza que se podría definir como, la capacidad del sistema neuromuscular para generar altos niveles de fuerza en el menor tiempo posible (200ms), especialmente desde un estado de reposo o sin inercia previa. Es fundamental en acciones donde se requiere acelerar rápidamente una carga o el propio cuerpo.

Según Rodríguez-Rosell (2017), la fuerza explosiva puede considerarse una combinación de fuerza máxima y velocidad de contracción, siendo especialmente dependiente de factores como la activación neuromuscular, la rigidez del sistema músculo-tendón y las propiedades mecánicas del músculo esquelético.

De acuerdo con Cormie, McGuigan y Newton (2011) explican que el desarrollo de la fuerza explosiva depende tanto de la capacidad neural (como la velocidad de reclutamiento de unidades motoras) como de la capacidad muscular (como el tipo de fibra y la arquitectura del músculo).

Bosco (2000) hace referencia a los diferentes factores que determinan el desarrollo de la fuerza explosiva:

- Frecuencia de los impulsos nerviosos que llegan a los músculos desde el cerebro.
- Número de fibras musculares a las que se envían los mensajes.
- Influencia de los biofeedback, de las células de Renshaw, de los propioceptores, de los corpúsculos tendinosos de Golgi, de los receptores articulares, etc., a nivel espinal y supraespinal.
- Tipos de fibras musculares (FT IIa, FT IIx y ST)

- Dimensión y tensión producida por cada fibra muscular, que dependen respectivamente de la masa y del peso molecular de la estructura proteica que constituye la fibra.
- Condiciones fisiológicas en las que se encuentra la fibra muscular antes de que sea desarrollada la fuerza explosiva, es decir, si el trabajo concéntrico se realiza después de un trabajo excéntrico del músculo o si se produce en condiciones de reposo.
- Estado de entrenamiento en que se encuentra la fibra muscular, esto influye en el comportamiento neuromuscular como en el metabólico.

Según Carmelo Bosco (2000) los movimientos fundamentales y básicos de la mayoría de los deportes o de la actividad física en general, son una expresión de fuerza explosiva que se manifiesta fisiológica y natural, por lo tanto, son expresiones frecuentes y de común práctica de la activación muscular de tipo balístico y explosivo.

“Es interesante destacar que la expresión de fuerza explosiva (SJ y CMJ), desde el punto de vista fisiológico, coincide con la máxima potencia muscular desarrollada por los músculos extensores de las piernas” (Bosco, 2000, p.97).

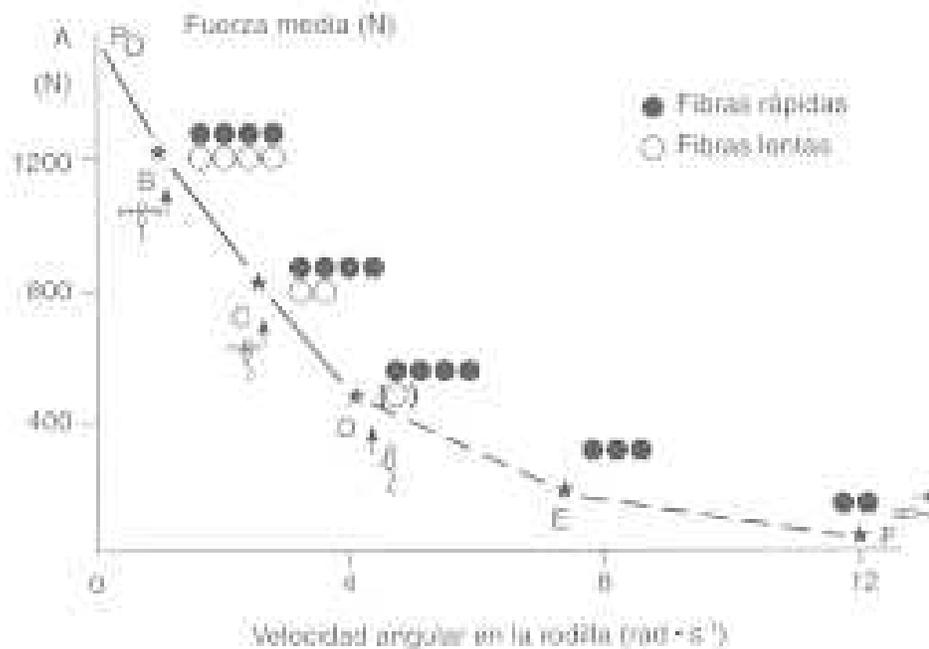


Gráfico 6. “Esta figura muestra la relación entre la fuerza desarrollada durante saltos verticales realizados con y sin carga sobre hombros y la velocidad angular en la rodilla” (Bosco, 1985).

Existen algunas consideraciones fisiológicas sobre la fuerza explosiva y la fuerza dinámica máxima, para Bosco (2000) no es indispensable tener altos niveles de fuerza máxima y RDF (fuerza producida por unidad de tiempo) para obtener buenos resultados, pero el tener un óptimo nivel de fuerza máxima y de FDM es primordial para poder producir importantes niveles de fuerza explosiva. Podríamos decir entonces que, un buen RM en sentadillas predispone a una mejor probabilidad de un resultado eficiente en un salto vertical.

Badillo y Ayestarán (1995) definen a la fuerza explosiva como una relación entre la fuerza expresada y el tiempo necesario para ello. Por lo tanto, la fuerza explosiva máxima hace referencia a la mejor relación entre la fuerza aplicada y el tiempo demandado para ello en una manifestación máxima de fuerza contra cualquier resistencia, es decir, que es igual al máximo gradiente de fuerza (N/s) obtenido en una contracción voluntaria máxima ante cualquier carga; y

esto también se relaciona con la habilidad del sistema neuromuscular para desarrollar una alta velocidad de acción o para crear una fuerte aceleración en la expresión de fuerza. Lo antes mencionado está representado por el punto de máxima pendiente en la curva de fuerza tiempo.

A su vez para Badillo y Ayestarán (1995) la carga a desplazar ya sea ligera como pesada requiere de una fuerza máxima óptima, solo que para una carga más pesada se necesita ser más fuerte que para desplazar una más ligera, entonces la fuerza explosiva está presente en todas las manifestaciones de fuerza. La fuerza sin preestiramiento depende en gran medida de la capacidad contráctil, es decir, de la fuerza máxima isométrica o dinámica y su manifestación se basa en la capacidad de producir una gran fuerza por el reclutamiento y sincronización instantánea de la mayor cantidad de unidades motoras. Uno de los medios para medir directamente la fuerza explosiva por medio de la curva F-V es el salto vertical sin contramovimiento, la altura de este depende de la velocidad de despegue y esta de la capacidad del sujeto para aplicar fuerza rápidamente (fuerza explosiva). Esto quiere decir que el squat jump depende aún más de la RM en sentadillas que otros tipos de saltos.

La fuerza explosiva o RDF (rate of force development), Del Vecchio (2023) se refiere a esta como la capacidad de generar incrementos rápidos de fuerza en los primeros milisegundos de una contracción muscular, y la principal determinante es la velocidad de reclutamiento de unidades motoras. Las fases tempranas (<50ms) están guiadas por la activación neural, seguido por propiedades musculares en fases tardías (>50ms).

Potencia

Según Cormie, McGuigan & Newton, (2011), la potencia muscular es una expresión del rendimiento neuromuscular que combina la capacidad de generar fuerza con la velocidad del movimiento.

“La potencia, el aspecto explosivo de la fuerza, es el producto de la fuerza y de la velocidad del movimiento: $\text{Potencia} = (\text{fuerza} \times \text{distancia}) / \text{tiempo}$ ” (Wildmore y Costill, 2007, p.68).

“La potencia es la aplicación funcional de la fuerza y de la velocidad. Es el componente clave para la mayoría de los rendimientos deportivos” (Wildmore y Costill, 2007, p.68).

Para Wildmore y Costill (2007) la potencia es más importante que la fuerza absoluta para la mayoría de las actividades, la potencia, tiene dos componentes uno es la velocidad que cambia poco con el entrenamiento y el otro es la fuerza que tiene un gran desarrollo con el entrenamiento, esto quiere decir que el aumento de la potencia se debe más a la fuerza que a la velocidad. Aunque dos individuos logren tener la misma fuerza, si uno necesita menos tiempo que el otro para mover una misma carga a lo largo de una distancia idéntica, el primer sujeto tiene mayor potencia. Se podría entender entonces que un sujeto con un RM mayor tiene más chances de ser más potente que otro, pero no se debe dejar de lado las variables de composición corporal de cada sujeto, es decir, dos sujetos que tengan un RM de 100kg, pero uno de ellos tiene de corporal 65kg y el otro 80kg, el de 60kg es más fuerte, por lo tanto, tendría más chances de ser más potente. En el caso de esta investigación, para suplir dicha diferencia se utiliza la fuerza relativa en sentadillas, que luego se desarrolla más adelante.

Según Balsalobre Fernández y Jiménez Reyes (2014) un mismo valor de potencia puede obtenerse movilizand o muy poco peso muy rápido o muchos kilos muy despacio, el único

indicador interesante es la potencia máxima, la cual se consigue con cargas y a velocidad intermedia.

Esto quiere decir que “la velocidad de ejecución está estrechamente relacionada con la fuerza. La relación entre ambas aumenta cuanto mayor es la resistencia. Una mayor aplicación de fuerza puede llevar a una mejora de la potencia, lo que se traduce en una velocidad más alta de desplazamiento de ejecución” (González Badillo y Gorostiaga Ayestaran, 1995, p.19).

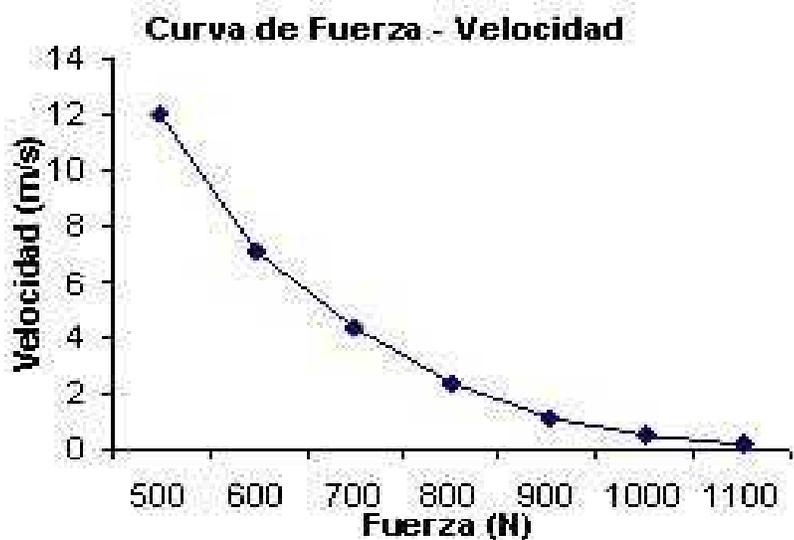


Gráfico 7. Curva de fuerza-velocidad (Hill, 1938).

La máxima potencia generada por un músculo o grupo muscular se la define como umbral de rendimiento muscular (UMR). La mejora de este umbral es específica al entrenamiento que se realiza, si se entrena con cargas bajas, la potencia se desarrollará por el incremento de la velocidad con respecto a esa carga. Si por el contrario se utilizan cargas altas, la potencia habrá mejorado por que la fuerza habrá aumentado y finalmente si el entrenamiento fue ante cargas intermedias, la potencia se incrementa ante estas cargas. Esto significa que hay 3 vías diferentes para desarrollar la potencia y dependerá de las necesidades que se tengan.

En cuanto a los tipos de fibras musculares, las fibras FT tienen una capacidad mucho mayor para generar potencia que las fibras ST, esto quiere decir que esta capacidad depende de la cantidad de fibras FT que tenga el sujeto. Según Cappa (2000) tomado de Komi (1977) la distribución de fibras es de orden genético, aunque es posible modificar las características de las fibras de acuerdo al uso que se les dé o al entrenamiento que se es sometido.

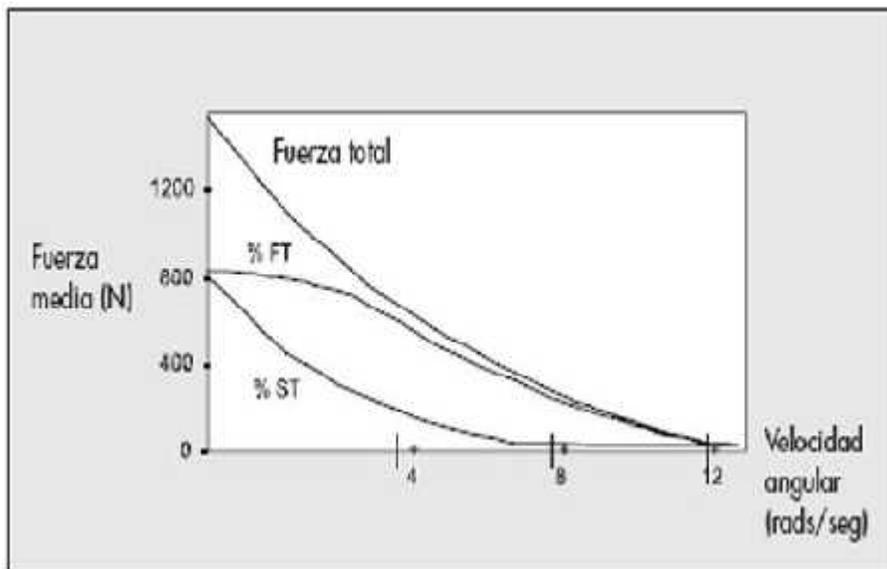


Gráfico 8. “Relación entre la fuerza media y la velocidad angular de la rodilla, obtenido de sujetos que realizan saltos desde una posición de flexión de rodilla con diferentes pesas sobre los hombros. Se ilustraron las contribuciones porcentuales de los diferentes tipos de fibra” (Tomado de Bosco y Komi, 1979, citado en Verhoshansky y Siff, 1999).

Ejercicio de sentadillas

La sentadilla es uno de los ejercicios básicos o generales que se pueden realizar dentro de un gimnasio, al ser uno de los ejercicios más beneficiosos, según Balsalobre – Fernández y Jiménez – Reyes (2014) es muy utilizado en los entrenamientos de fuerza debido a su gran

capacidad de desarrollar el rendimiento físico en diferentes situaciones donde están sometidos los miembros inferiores.

Para otros autores como Cappa (2000) el ejercicio de sentadillas es denominado “el rey de los ejercicios” debido a las atribuciones positivas que generan, fuerza, potencia, flexibilidad, equilibrio, etc. A continuación, se hará una descripción general de cómo se debe realizar dicho ejercicio tomando la descripción de Cappa (2000):

Toma de la barra: debe ser con un agarre estrecho, para que no se produzca una flexión a nivel de la columna cervical y dorsal. La barra debe estar apoyada sobre los trapecios, el primer contacto con ella será de las manos para poder medir correctamente el ancho del agarre. La amplitud está representada por la posición de los antebrazos con relación al suelo, deben estar perpendiculares al piso o levemente abiertos (20 o 30 grados).

Sacar la barra de los apoyos: una vez que se tomó la barra se realiza un desplazamiento hacia debajo de la misma, se posicionan los pies de una manera similar a la que se utilizara para hacer la sentadilla y finalmente se levanta la barra. Después se camina hacia afuera de los apoyos para realizar el movimiento, nunca la barra debe tomarse con el apoyo de los pies lejos de la proyección de la misma en el suelo.

Posición de pies: debe ser una posición en donde el ejecutante se sienta cómodo para realizar una flexión profunda de piernas. Se le pide al ejecutante que separe los pies un poco más del ancho de hombros y que separe la punta de los pies levemente.

Movimiento inicial: una vez tomada la barra, el ejecutante, desplaza la cadera hacia atrás y no hacia abajo, realizando una flexión de la misma. Este momento se produce por la combinación de flexión de cadera y rodilla.

Fase descendente y ascendente: una vez comenzada la acción, se desciende hasta la posición más baja que pueda el sujeto (esto depende del largo de las piernas y de la proporción

del largo con los otros segmentos corporales). En la fase ascendente del movimiento se deben realizar todas las acciones contrarias, teniendo en cuenta que la cadera debe desplazarse por debajo de la barra cuando pasamos 1/3 del movimiento aproximadamente. En todo momento la cabeza debe estar erecta y en la fase ascendente levemente hiperextendida.

Dejar la barra en los apoyos: al finalizar todas las repeticiones se debe avanzar hacia los apoyos para dejar la barra. El movimiento debe realizarse de arriba hacia abajo y nunca debe haber una flexión de cadera adelantando el pecho, debido a que esta acción genera una presión intradiscal innecesaria.

Estimación de 1RM

Para poder realizar coeficiente de fuerza relativa en sentadillas será necesario tener antes la repetición máxima en dicho ejercicio. Antes de describir el test definiremos que es la valoración de fuerza, “La capacidad de ejercer fuerza en acciones dinámicas requiere analizar las fases concéntrica y excéntrica de cada movimiento” (Naclerio, 2011, p.96). En este caso la valoración de la fuerza máxima concéntrica es la que se evaluará, es decir, el peso máximo posible de movilizar al realizar anteriormente la fase de acortamiento muscular del ejercicio de sentadillas. Para Naclerio (2014) el valor de 1RM obtenido constituye una medida fiable de la cantidad máxima de fuerza que un sujeto puede aplicar en un ejercicio y en un momento específico, es una de las variables más importantes que influye en las demás manifestaciones de fuerza, debido a que la velocidad y potencia con la cual se realizan las acciones dependen de la cantidad relativa de fuerza demandada para realizar cada acción. Según Cappa (2000) los datos que nos arroja el test de 1RM pueden fluctuar generalmente entre un 5% y 7%.

Valoración de la fuerza mediante el test de SJ (salto desde media sentadillas o squat jump)

Para poder evaluar la fuerza explosiva, se utilizan test, un test de salto que evalúa el tren inferior. Para la evaluación del salto hay una gran variedad de test propuesta por Bosco, el CMJ (counter movement jump), SJ (squat jump), DJ (drop jump) y el RJ (repeat jump), el objetivo de estos test es solo cuantificar el rendimiento de las piernas, es por ello que se realizan sin la utilización de los brazos. Además de los test antes mencionados existe la posibilidad de evaluar la utilización de brazos, este se llama test Abalakov, el cual evalúa el componente coordinativo de los brazos en el salto.

El test que se utilizará será el de SJ (squat jump) debido a que la intención es evaluar la fuerza del sujeto sin la utilización de CEA (ciclo estiramiento-acortamiento). El CEA se define “como la combinación de la fase excéntrica y la fase concéntrica que le sigue formando un tipo de función muscular natural” (González Badillo y Gorostiaga Ayestaran, 1995, 96). Según González Badillo y Gorostiaga Ayestaran (1995) lo característico de este ciclo es que la última fase (concéntrica) es más potente cuando está rápidamente precedida de una contracción muscular excéntrica, en vez de cuando se lleva a cabo de manera aislada.

En comparación de ambos saltos, la musculatura de los cuádriceps, la actividad eléctrica integrada del músculo durante la realización del salto SJ y el CMJ, este último se subdividió en fase excéntrica y concéntrica. En la fase concéntrica del CMJ previo se puede observar, la actividad eléctrica de los músculos de los cuádriceps es 35% inferior a la observada en el SJ. También la altura en el salto alcanzada en el CMJ es un 10-20% mayor que la del SJ, esto quiere decir que se necesita una menor activación de los cuádriceps en la fase concéntrica para obtener

una potencia determinada, ya su vez esto se traduce a una mayor eficacia en el salto CMJ con respecto al SJ.

Debido a lo comentado anteriormente se realizará el test de salto de SJ, porque el objetivo será poder ver cuánto influye la fuerza relativa en sentadillas de cada sujeto en la acción de salto, debido a que se busca evaluar la fuerza absoluta sin la intervención del CEA, el cual prescribe una menor activación muscular.

El test de salto de SJ será descrito según Carlos Balsalobre-Fernández y Pedro Jiménez-Reyes, los test de salto vertical sirven para evaluar la fuerza explosiva de un sujeto determinado y la variable que se mide es el salto en centímetros. El test se debe realizar con las manos en la cintura para evitar la influencia de los brazos, piernas al ancho de caderas y buscando saltar lo máximo posible sin doblar las piernas en el aire, se realizarán 3 ejecuciones y se tomará la mejor marca. Se utilizará una plataforma de salto, la cual aporta datos precisos y luego se valorarán los datos de cada sujeto con respecto a su fuerza relativa en sentadillas.

Coeficiente de fuerza relativa

La fuerza relativa está expresada por un coeficiente entre los kilogramos levantados en un esfuerzo del tipo de fuerza máxima (1RM) y el peso corporal. Se debe tener en cuenta la constitución física del sujeto a evaluar, su talla, peso y porcentaje graso, de esta forma será más fiable el resultado. Por ejemplo si un sujeto que levanta 150 kg de sentadillas y pesa 75 kg, si fuerza relativa sería de 2 ($150/75=2$); mientras que otro sujeto que levanta 170 de sentadilla pero su peso es de 100kg, su fuerza relativa será de 1,7 ($170/100=1,7$); esto quiere decir que el primer sujeto sería más fuerte que el segundo en términos de fuerza relativa, pero en valores absolutos el segundo sujeto es más fuerte por levantar 20 kg más.

Marco Metodológico

Diseño experimental

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo, según Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista (2014), por medio de una recolección de datos, en este caso los datos se obtuvieron a partir de las siguientes evaluaciones, test de squat jump, RM en sentadilla y el coeficiente de fuerza relativa. De esta forma se buscó afirmar la hipótesis con base en medición numérica y análisis estadístico, para poder establecer una relación entre el squat jump y la fuerza relativa en sentadillas.

Se enmarca dentro de un diseño no experimental, de tipo transeccional correlacional, dado que no se manipularon las variables de estudio, sino que se observaron tal como se presentan en la realidad (Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista, 2014). El propósito fue analizar la relación existente entre la fuerza relativa en sentadillas y el rendimiento en un test de salto vertical en una muestra de 33 participantes, compuesto de ambos sexos (24 hombres y 9 mujeres). La recolección de datos se realizó en un único momento, aplicando las pruebas a todos los sujetos en condiciones similares, lo que permite determinar el grado de asociación entre ambas variables, pero sin establecer relaciones de causalidad.

Contextualización

La investigación se realizó en la ciudad de Marcos Juárez, ubicada al sur de la provincia de Córdoba, Argentina. La ciudad consta de unos 27.000 habitantes, en la cual hay una gran cantidad de gimnasios, aproximadamente unos 8, en los cuales concurren personas de diferentes edades y sexos.

El deporte en la ciudad se realiza de forma amateur, las personas concurren a gimnasios de manera recreacional en su gran mayoría.

Las pruebas fueron realizadas en el año 2020, en los gimnasios Frida, Oxígeno, Olimpo Gym, Gimnasio Club Argentino, Fitness Center y Martin Wallace Gimnasio.

Selección de muestra

El estudio se realizó con una muestra de 33 sujetos de géneros masculino y femenino, todos los participantes asisten habitualmente a un centro de acondicionamiento físico o gimnasio, por lo que en este sentido se los consideró como sujetos con experiencia en el entrenamiento de fuerza con sobrecargas.

Los criterios de inclusión para participar en el estudio fueron:

- Experiencia mínima de 1 año en el entrenamiento de la fuerza con sobrecargas.
- No presentar ninguna patología o lesión que pudiera afectar la fuerza muscular en miembros inferiores y/o tener sensación de molestia o dolor durante la evaluación.
- Rango de edad de 18 a 35 años.

Recolección de datos

Instrumentos de medición

- Balanza digital: instrumento de pesaje que utiliza la acción de la gravedad para la determinación de la masa. Se compone de un único receptor de carga donde se pone de pie el sujeto, se utilizará para obtener el peso corporal en kilogramos de cada participante.
- Cinta métrica: instrumento de medida graduado en metros, centímetros y milímetros, se utilizará para medir la estatura de los sujetos.
- Notebook con Windows 10: computadora portátil utilizada para establecer por medio del software los saltos a medir en la plataforma de contacto.
- Software Axon Jump versión 4.0: programa compatible con la plataforma de contacto empleado para obtener la altura del salto.
- Plataforma Axon Jump: alfombra utilizada para medir la altura del salto. La alfombra acciona un cronómetro de alta resolución (1mseg) que se encuentra en el programa provisto. La altura y la velocidad de los saltos son calculados a través de las fórmulas de la física clásica, conociendo la gravedad del lugar (9,81 m/s² a nivel del mar).
- Rack de sentadillas: estructura empleada para estacionar el peso de la barra y sus discos.
- Barra y discos Olímpicos: elementos utilizados para determinar la repetición máxima en sentadilla y luego obtener la fuerza relativa.

Medidas recolectadas

- Talla (cm): altura del sujeto desde posición de bipedestación.
- Peso (kg): medida de la fuerza gravitatoria que actúa sobre el sujeto.

- 1RM (kg): máximo peso que se puede levantar en una repetición.
- Altura del salto (cm): máxima altura de salto vertical de squat jump.

Protocolos de los test de squat jump, 1RM en sentadillas y coeficiente de fuerza relativa

Los participantes fueron medidos en peso y altura con ropa ligera y sin calzado. La toma de test se llevó a cabo en un mismo día y mismo turno, debido a la variación diaria que presenta el test de 1RM. Primero se realizó el test de squat jump, porque no produce fatiga o ruptura muscular significativa, ni un agotamiento del sistema nervioso central, en cambio el test de 1RM puede provocar una ruptura muscular y también un agotamiento del SNC, por este motivo fue más conveniente este orden en la toma de evaluaciones. En síntesis, se realizó el test de squat jump, luego el test de 1RM en sentadillas y finalmente a partir del peso corporal y los kilogramos levantados en la RM, se obtuvo el coeficiente de fuerza relativa, para luego relacionar, analizar y sacar conclusiones sobre los resultados.

Descripción de los test a realizar

Test de salto vertical de squat jump: se llevó a cabo para evaluar a todos los sujetos su mayor altura alcanzada en 3 intentos. Comenzó con una entrada en calor de movilidad articular de cadera, rodillas, tobillos y hombros (dinámica y estática), luego 10 metros ida y vuelta de trote suave, luego salticados y skipping, al finalizar esto se realizó una pausa de 3 minutos, para luego realizar 3 series de 5 repeticiones de vitalizaciones con un disco de 10 kg y finalmente 3 squat jump, con 1 minuto de pausa entre cada salto, a modo de prueba. Por último, luego de 3 minutos de pausa, se procedió a realizar los 3 intentos de salto de squat jump con la plataforma de salto, con una pausa de 3 minutos entre cada intento.

Test de 1RM en sentadillas: se realizó para obtener 1RM en sentadillas de cada sujeto. Se inició con una entrada en calor con movimientos de flexibilidad y movilidad articular (estática y dinámica), finalizando con la realización de 6 a 8 repeticiones del ejercicio que se desea evaluar utilizando pesos comprendidos entre el 40% y 60% del valor de la 1RM máxima que se estima que alcanzará el sujeto.

Luego de 1 minuto de pausa activa en donde se realizaron ejercicios de movilidad articular se ejecutó de 3 a 5 repeticiones con velocidad creciente utilizando entre el 70% y el 80% del peso máximo estimado de modo de provocar una elevada activación de unidades motoras.

Luego de 2 a 3 minutos de pausa se indicó la realización de 2 repeticiones con un peso cercano al máximo (85 al 90% de la 1RM estimada), para alcanzar la máxima activación neuromuscular con la mayor convocatoria de unidades motoras y una elevada frecuencia de estimulación, que son requisitos fundamentales para realizar esfuerzos máximos con la mayor eficiencia posible.

Luego de 4 minutos, se incrementó el peso hasta el 95% u 98% del nivel de la 1RM estimada y se indicó la realización de una sola repetición de modo de optimizar la adaptación neural específica para movilizar grandes pesos y terminar de familiarizar al sujeto con esta situación. Luego de este paso y de acuerdo a la dificultad mostrada durante la realización de la repetición anterior, se incrementó el peso hasta alcanzar el valor que debería coincidir con el nivel de la 1 RM estimada (1° intento).

Antes de realizar el primer intento para determinar el valor de la 1RM, se dejaron 5 minutos de pausa. Se indicó la realización de dos repeticiones para evitar que el sujeto se relaje al finalizar la primera repetición e intente ejecutar la segunda con la mayor fuerza posible, ya que cuando esta no se puede completar entonces se ha determinado realmente el valor de 1RM. Este último pudo repetirse un máximo de 3 veces hasta lograr el mayor peso posible.

Este protocolo fue tomado del primer año de cursado de la Licenciatura de Educación Física (2016), el cual fue realizado durante una clase teórico-práctica.



El coeficiente de fuerza relativa, se calculó luego de realizar el test de 1RM, que es igual a la cantidad de fuerza producida por kilogramo de masa corporal o sistema motor. Se emplea este índice para comparar la fuerza de los deportistas de masa corporal distinta (Verhoshansky, Siff, 1999, p.136). Se expresa dividiendo el peso levantado en un ejercicio para el peso corporal (Cappa, 2000, p.16).

Análisis de Datos

Los resultados obtenidos a partir de la toma de datos se analizaron con el software Jamovi, versión 2.6. Con ayuda de este software se calcularon las siguientes medidas estadísticas:

Medidas descriptivas (media, desvío estándar, mediana, mínimo y máximo).

Coefficiente de correlación de Pearson.

Valores T y p.

Error estándar (EE).

Factor de inflación de la varianza (FIV).

Error estándar de la estimación (S).

Coefficiente de determinación (R²).

Coefficiente de determinación predicho.

Resultados

En este apartado se presentan los resultados obtenidos en relación con el objetivo principal del estudio, que fue analizar la asociación entre la fuerza relativa en el ejercicio de sentadillas y el rendimiento en el test de squat jump en la muestra evaluada. Para ello, se exponen primero los valores descriptivos de ambas variables (gráfico n°9), luego unos gráficos de cajas de las variables a analizar (gráficos n°10 y n°11), seguidos del análisis correlacional correspondiente (gráficos n°12 y n°13), lo que permitirá interpretar de manera más precisa la magnitud y dirección de la relación entre la capacidad de generar fuerza relativa y el desempeño en el salto vertical.

Análisis Descriptivo:

Variable	Género	N	Media	Desvío Estándar	Mínimo	Mediana	Máximo
SJ - Mejor marca	Hombre	24	36,34	6,48	25,5	36,3	49
	Mujer	9	30,54	4,69	23,8	29,2	39,6
1RM Sentadilla - Mejor marca	Hombre	24	137,19	26,04	100	135	200
	Mujer	9	82,5	15,91	60	77,5	110
Peso corporal (kg)	Hombre	24	88,38	19,7	62,5	84	140,3
	Mujer	9	63,8	4,26	57,9	62,8	71,4
Altura (metros)	Hombre	24	1,76	0,07	1,65	1,75	1,88
	Mujer	9	1,63	0,05	1,52	1,65	1,68
Fuerza relativa	Hombre	24	1,58	0,28	1,17	1,52	2,13
	Mujer	9	1,29	0,23	1,04	1,23	1,69
Edad	Hombre	24	28,25	6,6	18	28	40
	Mujer	9	23,89	5,16	18	25	33

Gráfico 9. Medidas descriptivas de la muestra.

Los aspectos importantes a destacar fueron, la media para el salto vertical que fue de 36,34 cm en hombres y de 30,54 cm en mujeres, y para la fuerza relativa fue de 1,58 en hombres y de 1,29 en mujeres.

A continuación, se presentan dos gráficos de cajas de cada una de las variables a estudiar:

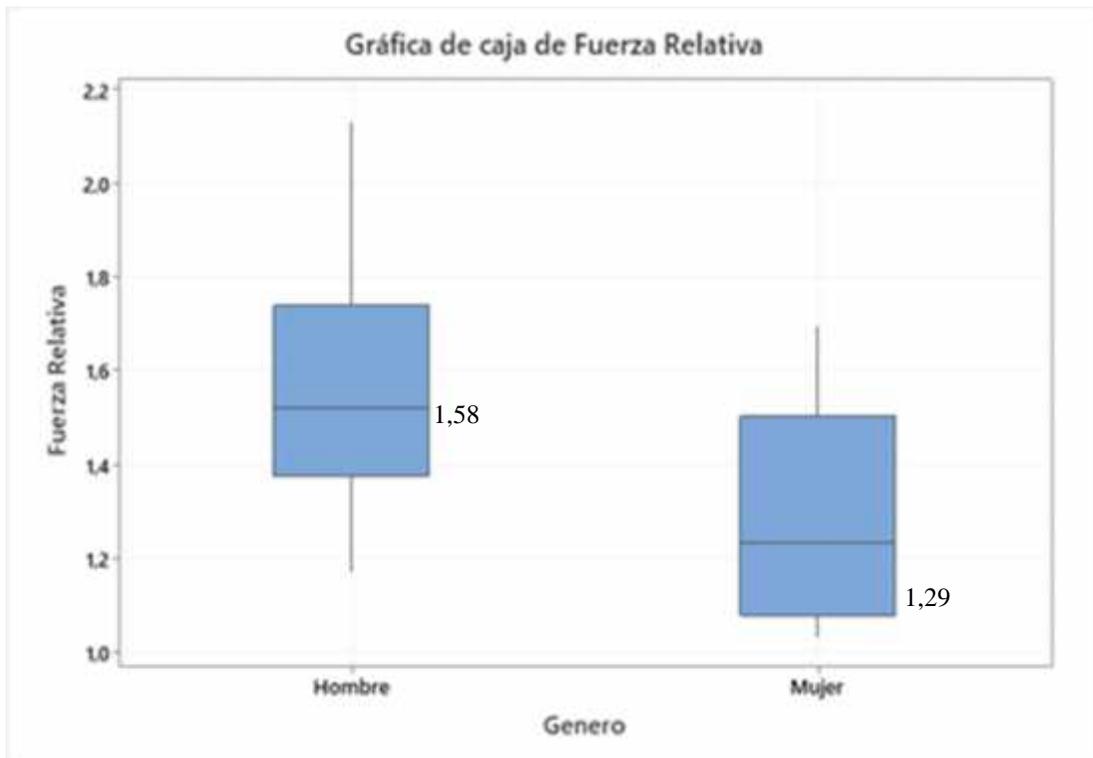


Gráfico 10. Boxsplot sobre la fuerza relativa con respecto a cada sexo.

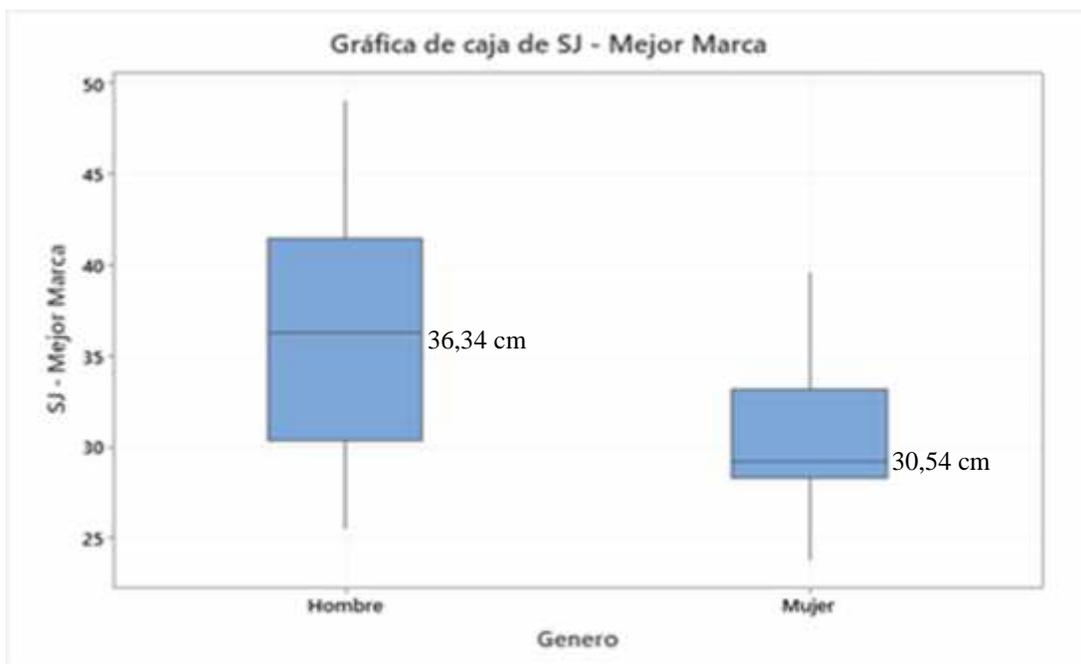


Gráfico 11. Boxplot sobre el SJ con respecto a cada sexo.

Siguiendo con el análisis de datos, en el siguiente gráfico de dispersión se muestran las variables de interés, fuerza relativa y SJ.

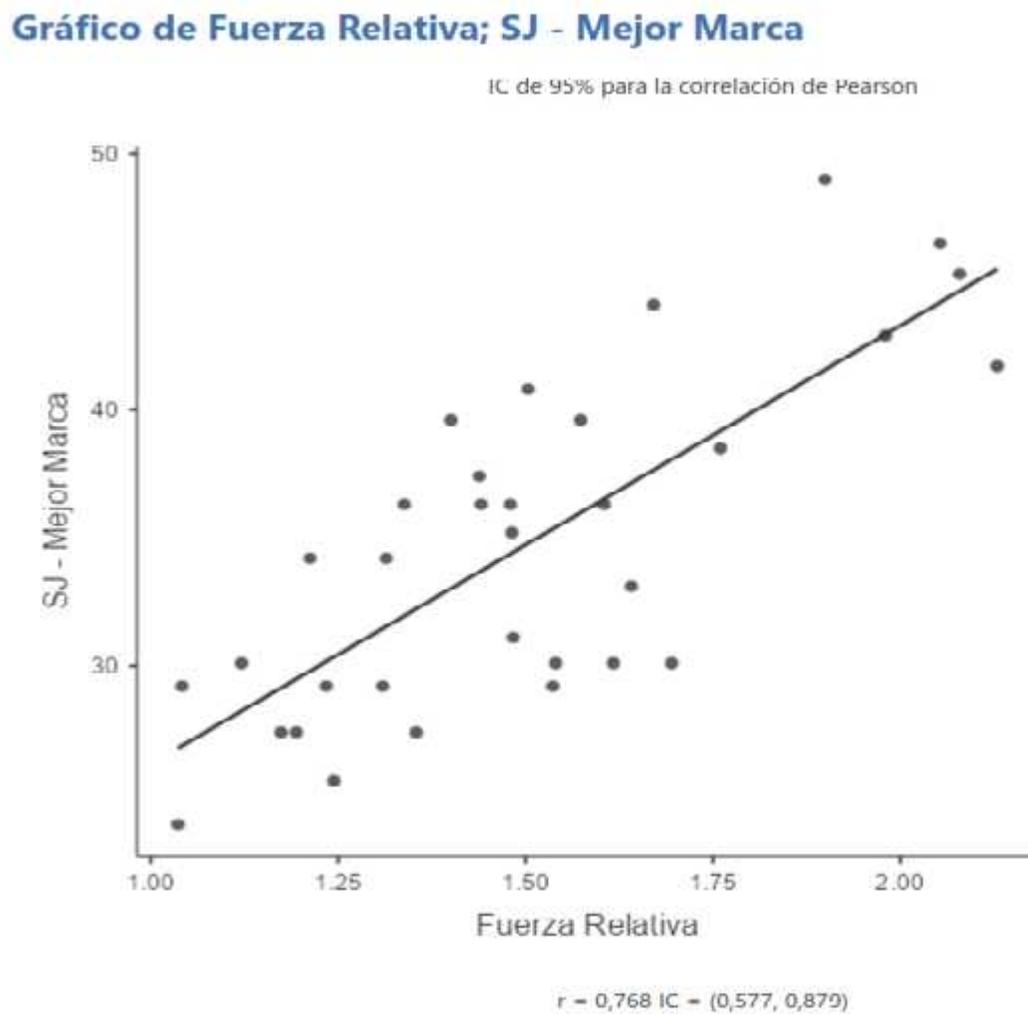


Gráfico 12. Relación entre las variables fuerza relativa y SJ.

Aquí se presenta el mismo gráfico de dispersión, pero con una diferenciación entre hombres y mujeres por separado.

Grafico de Fuerza Relativa; SJ - Mejor Marca

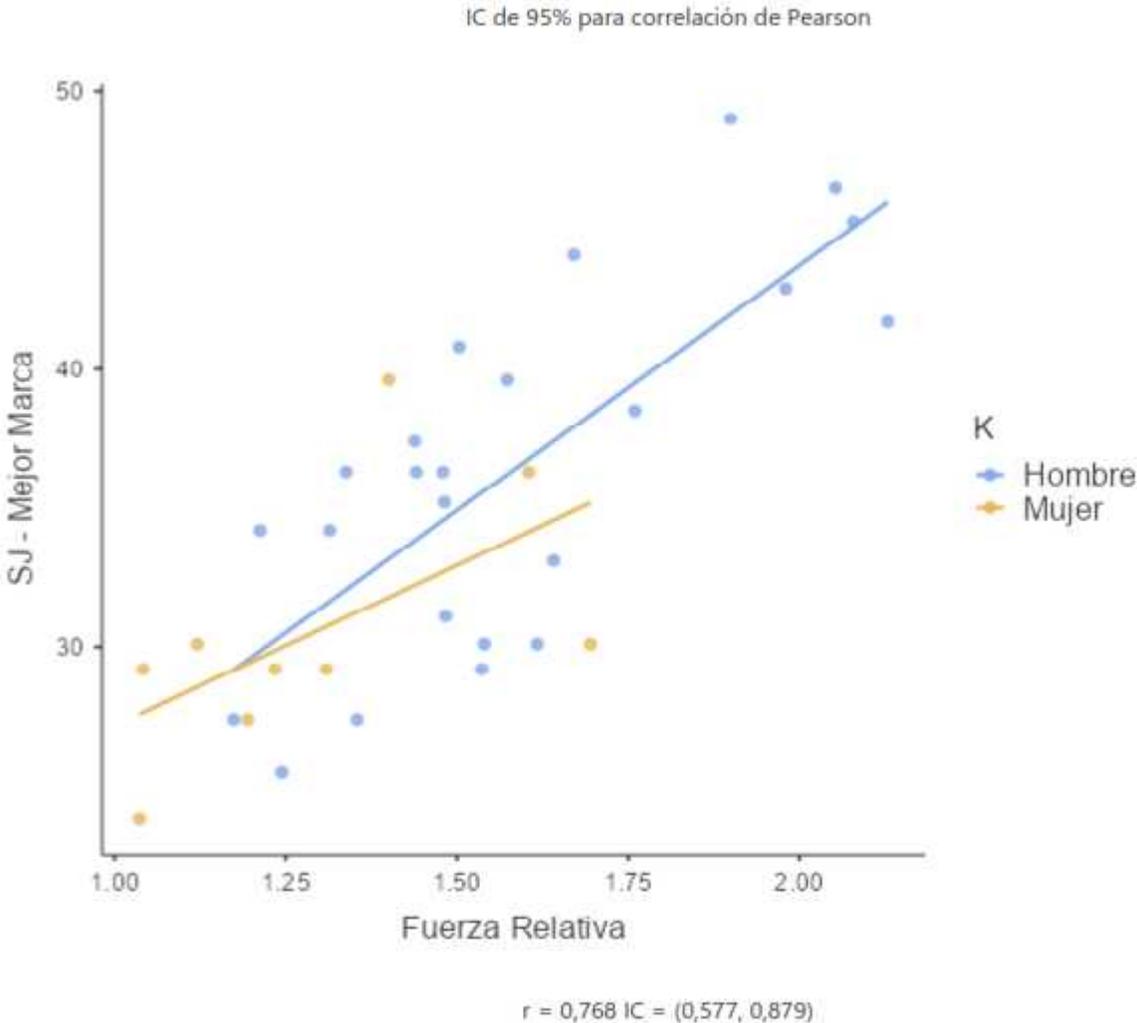


Gráfico 13. Relación entre las variables fuerza relativa y SJ, distinguiendo géneros.

En el gráfico número 12 se observa una relación de moderada a fuerte positiva. Analizando el coeficiente de correlación de Pearson confirmamos dicha relación, con un resultado que es de 0.768. Podemos decir que, en función de que se incrementa la fuerza relativa en sentadillas, también sucede lo mismo con la altura del salto en el test de SJ.

También debemos agregar que dicha correlación, es significativa debido a que el intervalo de confianza del 95% obtenido no cubre al valor 0.

En el gráfico número 13 evaluamos que, la relación entre la fuerza relativa y el squat jump según el género, nos dice que para los hombres esta relación se mantiene, con un coeficiente obtenido de 0.75, pero si observamos el coeficiente obtenido para las mujeres, el mismo es inferior, siendo de 0.578.

Con el objetivo de analizar si la fuerza relativa se encuentra asociada al rendimiento en el Squat Jump (SJ), se aplicó un modelo de regresión lineal. Este procedimiento permite estimar el efecto de la fuerza relativa sobre la altura alcanzada en el salto, considerando los coeficientes obtenidos como indicadores de la magnitud y dirección de dicha relación. En la Tabla siguiente se presentan los coeficientes resultantes del modelo, junto con sus respectivos errores estándar, valores t, significancia estadística y el factor de inflación de la varianza (FIV).

Coeficientes

Término	Coeficiente	EE del Coeficiente	Valor T	Valor p	FIV
SJ (mejor marca)	9,02	3,93	2,30	0,028	
Fuerza relativa	17,13	2,57	6,67	0,000	1,00

Gráfico 14. Coeficientes.

Los resultados del modelo muestran que la fuerza relativa en sentadillas ejerce un efecto significativo sobre el rendimiento en el Squat Jump ($p < 0,05$). En términos prácticos, el modelo

indica que por cada incremento equivalente a una vez el peso corporal desplazado en la sentadilla, la altura del salto aumenta aproximadamente 17 cm. Asimismo, el análisis del factor de inflación de la varianza ($FIV = 1,00$) descarta la presencia de problemas de multicolinealidad, lo cual respalda la validez de la fuerza relativa como un predictor confiable dentro de este modelo.

Resumen del Modelo

S	R2	R2 predicho
4,24768	58,98%	54,37%

Gráfico 15. Resumen del modelo.

El modelo estadístico explica aproximadamente el 59% de la variabilidad en el rendimiento del Squat Jump (SJ) a partir de la fuerza relativa. Esto significa que más de la mitad del desempeño en el SJ puede atribuirse directamente a la fuerza relativa, mientras que el 41% restante estaría influido por otros factores no considerados en el modelo, tales como las características del tipo de fibras musculares, la genética o la coordinación intra e intermuscular. La desviación estándar de los errores fue de 4,25 cm, lo que indica una dispersión moderada de los valores observados respecto a los predichos. En conjunto, estos resultados sugieren que la fuerza relativa constituye un predictor relevante y con una capacidad razonable para estimar el rendimiento en el SJ en individuos diferentes a los evaluados, aunque no de manera perfecta. Por lo tanto, el modelo podría considerarse una herramienta útil para aplicaciones prácticas y contextos de evaluación del rendimiento físico.

Discusión

Los resultados obtenidos en esta investigación nos muestran una relación significativa entre la fuerza relativa en sentadillas y el rendimiento en el test de salto de squat jump (SJ). En el análisis de regresión lineal se mostró que la fuerza relativa tiene un efecto positivo y significativo sobre el SJ ($p < 0.001$), lo que sugiere que, al incrementar la fuerza relativa, el rendimiento en el salto mejora. Se obtuvo el mismo resultado en otra investigación, pero la diferencia es que se correlaciono la fuerza absoluta en sentadillas con el test de salto de CMJ (Doina et al., 2020). Algo para observar es que, el CMJ tiene un componente coordinativo de miembros inferiores con los superiores y el SJ no tiene este componente, lo que hace pensar que la fuerza de miembros inferiores está más relacionada con el SJ. Este hallazgo refuerza la idea de que un incremento en la capacidad para levantar peso corporal en una sentadilla está relacionado con una mejora en el desempeño en acciones explosivas como lo es el salto vertical. Según nos dicen Wilmore y Costill (2007), las acciones explosivas son más importante que la fuerza absoluta para la mayoría de los deportes, la potencia, tiene dos componentes uno es la velocidad que cambia poco con el entrenamiento y el otro es la fuerza que tiene un gran desarrollo con el entrenamiento, esto quiere decir que el aumento de la potencia se debe más a la fuerza que a la velocidad.

Además, el coeficiente de determinación del modelo ($R^2 = 58.98\%$) indica que cerca del 59% de la variabilidad en el rendimiento del SJ puede explicarse por la fuerza relativa. Este resultado tiene mucha similitud con un estudio previo donde se relacionan tipos de salto y sprint con la fuerza del tren inferior (Keiner et al., 2022). A pesar de la gran diferencia entre la cantidad de muestras con este estudio (492 sujetos), los hallazgos son consistentes en ambos casos, esto sugiere que el resultado es estable y no dependiente del tamaño de la muestra.

También el R2 predicho (54.37%) se mantiene en un nivel medio-alto, lo que supone que el modelo posee una buena capacidad de generalización. El error estándar de la estimación ($S=4.25$) es razonable, considerando las unidades en las que se mide el salto. En cuanto a la multicolinealidad, el Factor de Inflación de la varianza (FIV 1.00) confirma que no hay problemas en este sentido, lo cual afirma la confiabilidad del modelo.

En repetidas ocasiones se tomó como variable la fuerza absoluta o un 1RM en sentadillas para relacionar con el salto vertical (Hermassi et al., 2019; Doina et al., 2020; Boraczynski et al., 2020), pero no se observaron diferencias significativas en los resultados y conclusiones obtenidas en comparación con esta investigación. Pero de igual manera, todos concluyen que una mayor cantidad de masa muscular en los miembros inferiores está muy relacionada con acciones explosivas, por esto creo que utilizar la fuerza relativa es una mejor opción.

La correlación de Pearson entre las variables fue de $r=0.768$, con un intervalo de confianza al 95% entre 0.517 y 0.879, lo que indica una correlación positiva y significativa. En este otro caso, muchos estudios previos coinciden con un resultado similar en diferentes test de saltos u otras acciones explosivas relacionadas con la fuerza relativa o 1RM sentadillas (Nishioka et al., 2022; Keiner et al., 2022; Hermassi et al., 2019; Doina et al., 2020; Boraczynski et al., 2020).

Resumiendo, los datos sugieren que la fuerza relativa en sentadillas es un interesante predictor del rendimiento en el SJ, y que mejorar la capacidad de fuerza relativa podría traducirse en un mejor resultado en el salto vertical.

Aplicaciones prácticas

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, se pueden proponer las siguientes recomendaciones prácticas para la planificación del entrenamiento de fuerza en sujetos que busquen mejorar sus acciones explosivas:

1. Priorizar el desarrollo de la fuerza relativa

Dado que la fuerza relativa mostró una asociación significativa con el rendimiento en el salto vertical (SJ), se recomienda diseñar programas que no solo aumenten la fuerza absoluta, sino que también mejoren la relación entre fuerza y peso corporal. Esto puede lograrse mediante un trabajo combinado de ganancia de fuerza y control del peso corporal.

2. Incluir ejercicios multiarticulares

La sentadilla es un ejercicio eficaz para desarrollar la fuerza del tren inferior y mejorar el rendimiento explosivo. Se sugiere su inclusión regular en los entrenamientos, con especial atención en la técnica, progresión de cargas y control del rango de movimiento. También se pueden utilizar ejercicios a una pierna como estocadas, subidas al banco, etc.

3. Monitorear la fuerza relativa como indicador de progreso

Más allá de los kilos levantados, se recomienda calcular y monitorear la fuerza relativa (carga máxima / peso corporal) como un indicador funcional del rendimiento, especialmente en actividades deportivas o recreativas donde el desplazamiento del cuerpo es fundamental.

4. Incorporar evaluaciones periódicas del salto vertical (SJ)

Realizar mediciones del salto en el tiempo permite valorar la eficacia del entrenamiento, detectar estancamientos y ajustar la programación según el progreso del atleta.

5. Evitar ganancias de masa corporal innecesarias

Se debe evitar un aumento excesivo de peso corporal, si no está acompañado de un incremento proporcional de fuerza. Esto podría afectar negativamente la fuerza relativa y, en consecuencia, el rendimiento en el salto.

6. Enfocar el entrenamiento en la calidad del movimiento y la técnica

Dado que la población estudiada no es profesional, es fundamental asegurar una ejecución técnica correcta para prevenir lesiones y optimizar la transferencia del entrenamiento hacia el rendimiento funcional.

Limitaciones del estudio

La realización de esta investigación implicó la coordinación de numerosos participantes, lo cual resultó una tarea compleja que limitó el tamaño final de la muestra. La necesidad de organizar horarios, lugares y disponibilidad de tiempo dificultó alcanzar un número mayor de sujetos.

Otra limitación se presentó en el proceso de recolección de datos, ya que fue una sola persona la encargada de llevarlo a cabo. Esto ralentizó el procedimiento y también incidió en la imposibilidad de ampliar la muestra. Asimismo, algunos participantes no pudieron asistir en el momento acordado, lo que redujo aún más el número total.

Debe señalarse, además, que la ciudad en la que se desarrolló el estudio no cuenta con una gran población, lo cual restringió las posibilidades de acceder a un grupo más amplio. En particular, la muestra femenina resultó pequeña, situación que podría explicar en parte por qué el coeficiente no se manifestó de la misma manera que en los hombres. Adicionalmente, no se consideró una variable relevante: la fase del ciclo menstrual, que pudo haber influido en el rendimiento de los test en las mujeres.

En síntesis, la mayoría de las limitaciones identificadas se relacionan con el tamaño y la representatividad de la muestra.

Conclusión

Los resultados de este estudio permiten concluir que la fuerza relativa en sentadillas se presenta como un predictor significativo y confiable del rendimiento en el salto vertical tipo SJ (Squat Jump) en sujetos que entrenan la fuerza de forma amateur. El análisis de regresión lineal simple reveló una relación positiva estadísticamente significativa ($p < 0,001$), con un coeficiente de 17,13. Esto implica que, por cada unidad de aumento en la fuerza relativa, el rendimiento en el salto mejora en aproximadamente 17 cm.

El modelo explicó un 58,98% de la varianza (R^2) del SJ, y el R^2 predicho (54,37%) demuestra una capacidad de predicción adecuada fuera de la muestra utilizada. Además, el índice de inflación de la varianza ($FIV = 1.00$) indicó ausencia de multicolinealidad, lo que refuerza la solidez del modelo.

A pesar de tratarse de una muestra relativamente pequeña ($n = 33$), los hallazgos son coherentes con investigaciones previas, algunas con muestras más grandes, lo que sugiere una consistencia en la relación entre fuerza relativa y rendimiento en el salto. Esto refuerza la idea de que, incluso en poblaciones no profesionales, el desarrollo de la fuerza relativa tiene un impacto directo en el rendimiento explosivo del tren inferior.

Finalmente, esto sugiere que la fuerza relativa no solo es un factor clave en el rendimiento del SJ, sino que puede ser considerada como una variable relevante en el diseño de programas de entrenamiento orientados al desarrollo de la potencia del tren inferior.

En conclusión, los resultados de esta investigación evidencian que la mejora de la fuerza relativa en sentadillas y del salto vertical constituye un factor determinante para optimizar el rendimiento deportivo en atletas amateurs. El incremento de estas capacidades se traduce directamente en una mayor potencia y explosividad, lo cual favorece la aceleración, el sprint, los cambios de dirección y la ejecución de gestos deportivos de alta intensidad. Asimismo, el desarrollo del salto vertical refleja una mejora en la eficiencia neuromuscular y en la capacidad de aplicar fuerza en el menor tiempo posible, cualidades esenciales para deportes que demandan velocidad y acciones explosivas. En definitiva, el fortalecimiento del tren inferior y la potenciación del salto vertical pueden considerarse estrategias clave para alcanzar un desempeño más competitivo y eficaz en el ámbito deportivo.

Bibliografía

Cappa, D. (2000). Entrenamiento de la Potencia Muscular.

López Chicharro J. & Fernández Vaquero A. (2006). Fisiología del Ejercicio.

Panamericana.

Balsalobre – Fernández C. & Jiménez Reyes P. (2014). Entrenamiento de Fuerza: Nuevas Perspectivas Metodológicas.

Kraemer W.J & Häkkinen K. (2006). Entrenamiento de la Fuerza. Hispano Europea.

Weineck J. (2005). Entrenamiento Total. Paidotribo.

Verhoshansky Y. & Siff M.C (1999). Superentrenamiento. Paidotribo.

Platonov V.N. & Bulatova M.M. (2005). La preparación física. Paidotribo.

Bernthartd D.B. (1990). Fisioterapia del Deporte. Jims.

Bompa T.O. (2001). Periodización del Entrenamiento Deportivo. Paidotribo.

Naclerio F. (2011). Entrenamiento Deportivo: Fundamentos y Aplicaciones en Diferentes Deportes. Panamericana.

Bosco C. (2000). La Fuerza Muscular: Aspectos Metodológicos. INDE.

González Badillo J.J. & Gorostiaga Ayestarán E. (1995). Fundamentos del Entrenamiento de la Fuerza: Aplicación al Alto Rendimiento Deportivo. INDE.

Wilmore J.H. & Costill D.L. (2007). Fisiología del Esfuerzo y del Deporte. Paidotribo.

Hernández Sampieri R, Fernández Collado C. & Baptista Lucio P. (2014). Metodología de la Investigación. McGraw-Hill Interamericana.

Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 1—biological basis of maximal power production.

Rodríguez-Rosell, D., Pareja-Blanco, F., Aagaard, P., & González-Badillo, J. J. (2017). Physiological and methodological aspects of rate of force development assessment in human skeletal muscle.

Del Vecchio, A., Muceli, S., et al. (2023). Neuromechanics of the rate of force development.