

Efectos del carácter del esfuerzo medio en la velocidad de ejecución en sentadilla, la altura en el salto vertical y la velocidad en 20 metros

Effects of mean effort character on squat execution speed, vertical jump height, and speed at 20 meters

Hugo Hernán Alarcón Soto

hugo.alarcon@udea.edu.co

Andrés Rojas Jaramillo

andres.rojasj@udea.edu.co

Juan Osvaldo Jiménez Trujillo

Docente asesor. juan.jimenez@udea.edu.co

Universidad de Antioquia, Instituto Universitario de Educación Física y Deporte.

Resumen

Problema: el carácter del esfuerzo (CE) es una forma subjetiva de controlar el entrenamiento, muy útil en clubes con miembros numerosos y en los que no se cuenta con instrumentos para medir la velocidad de ejecución; sin embargo, para el rendimiento en deportes de equipo no se tiene claridad sobre qué tipo de CE es más conveniente.

Objetivos: a) determinar los efectos de un plan de entrenamiento con CE medio en la carga que se puede desplazar a 1 m/s en la sentadilla; b) determinar los efectos de un plan de entrenamiento con CE medio en la altura del salto vertical; c) determinar los efectos de un plan de entrenamiento con CE medio en la velocidad en 20m.

Método: estudio experimental con enfoque cuantitativo, con grupo control y grupo experimental, con asignación aleatoria de los sujetos a los grupos. La población la conforman los rugbistas universitarios del departamento de Antioquia y la muestra fueron 19 jugadores de rugby activos de la Universidad Nacional sede Medellín, con edad de 18 a 27 años. Ambos grupos realizaron un plan de entrenamiento de 6 semanas, 2 veces por semana. El grupo control realizó un plan de entrenamiento con CE máximo, 12 repeticiones de 12 posibles; el grupo experimental realizó un plan de entrenamiento con CE medio, 6 repeticiones de 12 posibles; el resto de las variables del plan fueron iguales.

Resultados: la carga en kilogramos que eran capaz de desplazar a 1 m/s en sentadilla aumentó significativamente en ambos grupos. El CMJ solo mejoró significativamente en el

grupo con CE medio, y la velocidad en 20 m y el índice de masa corporal no aumentó significativamente en ninguno de los grupos.

Conclusiones: el CE medio, es una buena alternativa para el entrenamiento de fuerza, ya que se pueden obtener mejoras con un volumen de entrenamiento mucho menor que no genere interferencia con el resto del entrenamiento al producir un menor índice de fatiga, además de generar ganancias significativas en expresión de fuerza explosiva, determinante para la obtención de resultados de la práctica deportiva.

Palabras clave: valoración física, rendimiento deportivo, carácter del esfuerzo, fuerza explosiva.

Abstract

Problem: the character of the effort (CE) is a subjective way of controlling the training, very useful in clubs with large members and in which there are no instruments to measure the speed of execution; however, for performance in team sports it is not clear which type of CE is more suitable.

Objectives: a) to determine the effects of a training plan with medium CE on the load that can be moved at 1 m / s in the squat; b) determine the effects of a training plan with average CE on vertical jump height; c) determine the effects of a training plan with medium CE on the speed in 20m.

Method: experimental study with a quantitative approach, with a control group and an experimental group, with random assignment of the subjects to the groups. The population is made up of university rugby players from the department of Antioquia and the sample was 19 active rugby players from the Universidad Nacional campus Medellín, aged 18 to 27 years. Both groups did a 6-week training plan, twice a week. The control group carried out a training plan with maximum CE, 12 repetitions of 12 possible; the experimental group carried out a training plan with medium CE, 6 repetitions of 12 possible; the rest of the variables of the plan were the same.

Results: the load in kilograms that were able to move at 1 m/s in squat increased significantly in both groups. CMJ only improved significantly in the group with medium CE, and the 20 m speed and body mass index did not increase significantly in either group.

Conclusions: the average CE is a good alternative for strength training, since improvements can be obtained with a much lower training volume that does not generate interference with the rest of the training by producing a lower fatigue index, in addition to generating significant gains in expression of explosive force, decisive for obtaining results from sports practice.

Keywords: physical assessment, sports performance, character of effort, explosive strength.

Introducción

El rugby es un deporte de cooperación y oposición en el que se combinan múltiples acciones de juego, donde los elementos técnicos que implican diferentes manifestaciones de la fuerza se hacen presentes en todo momento. Si se pretende mejorar el rendimiento de los jugadores en el campo de juego, es necesario que la preparación física esté a la vanguardia en el entrenamiento de la fuerza y sus diversas manifestaciones, importantes en este deporte. Para Balsalobre y Jiménez (2014, p.17), el entrenamiento que busca mejorar el rendimiento físico debe estar destinado a mejorar la potencia ante una misma carga, es decir, a mejorar la velocidad, la RFD (Rate of Force Development) o la fuerza máxima ante una determinada carga.

Según Balsalobre y Jiménez (2014), la velocidad de ejecución es el mejor indicador de intensidad, apoyando así lo reportado por González y Sánchez (2010) y González et al. (2017), quienes relacionan el carácter del esfuerzo (CE) con la pérdida de velocidad en la serie, argumentando que lo que se programa es la carga con la que se entrena, que está dada por la velocidad de la primera repetición y la pérdida de velocidad de la serie, indicando la intensidad relativa y la pérdida de velocidad en la serie.

La presente investigación se fundamenta en este planteamiento, ya que en la revisión de literatura no se encontraron referencias donde, a partir de la valoración de la Repetición Máxima (RM) por pérdida de velocidad o intensidad relativa, se desarrollarán intervenciones solo por CE, teniendo en cuenta el porcentaje de pérdida de velocidad en la serie testado previamente con uso del T Force System, ya que estas intervenciones siempre se analizaron en cada sesión mediante sistemas de medición electromecánicos que permiten medir la pérdida de velocidad.

Dado que se pretende la eficacia y eficiencia de los programas de entrenamiento de fuerza, se puede decir que el desarrollo de planes de entrenamiento solo con CE, sin la necesidad de monitoreo por sistemas de medición electromecánico en cada sesión, puede facilitar su desarrollo, especialmente en deportes como el rugby, donde los grupos de entrenamiento son numerosos. Además, comparar si un CE medio vs un CE máximo puede generar diferencias estadísticamente significativas (Pareja et al., 2014, 2017; Rodríguez et al., 2018) en el entrenamiento de la sentadilla profunda, en las variables de pérdida de velocidad en sentadilla, salto vertical y velocidad en 20m.

Esta investigación pretende no solo beneficiar al equipo de rugby de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, sino también ser un punto de partida para la programación y el diseño de los planes de entrenamiento de fuerza de los equipos de rugby a nivel nacional.

Objetivos

Como objetivo *primario* se busca determinar los efectos de un plan de entrenamiento con CE medio en la carga que se puede desplazar a 1 m/s en la sentadilla; como objetivo

secundario, determinar los efectos de un plan de entrenamiento con CE medio en la altura del salto vertical; y como objetivo *exploratorio*, determinar los efectos de un plan de entrenamiento con CE medio en la velocidad en 20m.

Hipótesis

Hipótesis nulas

Ho1. No existen diferencias estadísticamente significativas entre el CE medio y CE máximo en la carga que se puede desplazar a 1 m/s en la sentadilla.

Ho2. No existen diferencias estadísticamente significativas entre el CE medio y CE máximo en la altura en el salto vertical.

Ho3. No existen diferencias estadísticamente significativas entre el CE medio y CE máximo en el tiempo de velocidad en 20 m.

Hipótesis alternas

Ha1. Existen diferencias estadísticamente significativas entre el CE medio y CE máximo en la carga que se puede desplazar a 1 m/s en la sentadilla.

Ha2. Existen diferencias estadísticamente significativas entre el CE medio y CE máximo en la altura en el salto vertical.

Ha3. Existen diferencias estadísticamente significativas entre el CE medio y CE máximo en el tiempo de velocidad en 20 m.

Preguntas de investigación

¿Cuál es el efecto del carácter del esfuerzo medio en la carga que se desplaza a 1 m/s en sentadilla?

¿Cuál es el efecto del carácter del esfuerzo medio en la altura del salto vertical?

¿Cuál es el efecto del carácter del esfuerzo medio en la velocidad en 20 metros?

Antecedentes

Sánchez et al. (2010) investigaron la importancia de la fase propulsiva en la evaluación de la fuerza, analizando a 100 deportistas hombres entrenados en fuerza mediante una prueba con cargas crecientes hasta el 1RM para la determinación individual de la relación carga-potencia. Encontraron que la carga relativa a la que ya no existía la fase de frenado (es decir, la acción concéntrica fue completamente propulsora) fue de $76.1 \pm 7.4\%$ 1RM, correspondiente a una MV (velocidad media) de $0.53 \pm 0.07 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Resaltan la importancia de la evaluación y el frenado de la ejecución, ya que el principal hallazgo de su investigación fue no subestimar la capacidad neuromuscular con cargas medias o ligeras, refiriendo los valores medios a la fase de propulsión cuando se evalúa la velocidad y la potencia en el levantamiento de una carga en la fase concéntrica.

González y Sánchez (2010) examinaron la posibilidad de utilizar la velocidad de movimiento como un indicador de carga relativa en el ejercicio press de banca (BP), donde participaron 120 sujetos (T1) y luego de 6 semanas se analizaron 56 sujetos (T2), encontrando una relación muy estrecha entre la velocidad de propulsión media (MPV) y la carga (% 1RM) ($R^2 = 0,98$); La velocidad media alcanzada con 1RM fue de $0.16 \pm 0.04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; se encontró que influía en el MPV alcanzado con cada % 1RM y a pesar de encontrarse un aumento de la 1RM de T1 a T2, la velocidad media propulsiva (MPV) se mantuvo estable.

Señalan que esta relación entre MVP y BP permite evaluar la fuerza máxima sin necesidad de evaluar la 1RM o la prueba de repeticiones máximas hasta el fallo (XRM), determinar el % 1RM que se está utilizando tan pronto como se realiza la primera repetición con cualquier carga dada y prescribir y controlar la carga de entrenamiento de acuerdo con la velocidad, en lugar de porcentajes de 1RM o XRM (González & Sánchez, 2010).

Pareja et al. (2014) investigaron el efecto de la velocidad del movimiento durante el entrenamiento de la fuerza en el rendimiento neuromuscular en 21 hombres entrenados en fuerza, asignados a los grupos velocidad máxima concéntrica (MáxV) frente a la mitad máxima (HalfV) en un programa de 6 semanas en sentadilla, concluyendo que el grupo MaxV obtuvo mejoras en fuerza máxima (ES: 0.94 vs. 0.54), velocidad desarrollada contra todos (ES: 1.76 vs. 0.88), ligera (ES: 1.76 vs. 0.75) y cargas pesadas (ES: 2.03 vs. 1.64) comunes a las pruebas previas y posteriores, y altura CMJ (ES: 0.63 vs. 0.15). Sin embargo, el efecto en el sprint de 20 m no fue claro.

Rodríguez et al. (2018) realizaron un estudio sobre el índice de esfuerzo como una nueva variable para monitorear el nivel de esfuerzo durante los ejercicios de fuerza, analizando las variables de velocidad media de la primera repetición y el porcentaje de pérdida de velocidad (% VL), denominando el producto de estas dos variables, índice de esfuerzo. Participaron 11 hombres en sentadilla completa (SQ) y 10 hombres en banca plana (BP). Señalan que, en ambos ejercicios, las correlaciones entre este nuevo índice y los indicadores de fatiga, como VL, permiten obtener más información sobre el grado real de esfuerzo que se produce durante el ejercicio de fuerza.

Pareja et al. (2017) realizaron un estudio con 24 estudiantes de deporte, en el cual analizaron el efecto de la pérdida de velocidad en el entrenamiento de fuerza. Los sujetos fueron divididos en 2 grupos de intervención, un grupo que perdía el 20% de la velocidad de ejecución y el otro grupo perdía el 40% de la velocidad de ejecución, en un plan de entrenamiento de 8 semanas en el que ambos grupos trabajaban con la misma intensidad relativa. Al final del plan de entrenamiento, contabilizaron que mientras el grupo con pérdidas de velocidad del 20% de la velocidad de ejecución realizó 180 repeticiones de sentadilla profunda, el grupo con pérdida de velocidad de 40% realizó 320 repeticiones. A pesar de que el grupo con pérdidas del 40% de la velocidad de ejecución realizó un volumen

más alto, los resultados del RM en sentadilla mostraron diferencias significativas en ambos grupos, comparando el pre-test vs el post test.

Cuando se comparó el post-test de ambos grupos, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas. En el salto vertical, el grupo con menores pérdidas de velocidad aumentó mucho más el salto que el grupo con pérdidas del 40%; en velocidad en 20 metros, mientras el grupo con pérdidas del 20% disminuyó el tiempo, el grupo con pérdidas del 40% lo aumentó, sin ser cambios estadísticamente significativos; los resultados de hipertrofia analizados a través de biopsias indican que hay mayor hipertrofia en el grupo con pérdidas de velocidad del 40%, pero hay una notable disminución de fibras tipo IIX de este grupo, cosa que no sucedió con el grupo de pérdidas de velocidad del 20%.

González et al. (2017, p.76) presentan una síntesis de ideas funcionales, entre las que destacan:

- La relación entre las repeticiones que se hacen y las que se pueden hacer en una serie es la misma o muy semejante ante una misma pérdida de velocidad.
- La pérdida porcentual determinante de la velocidad de ejecución en la serie se refleja en un mismo porcentaje en las repeticiones posibles en dicha serie en intensidades comprendidas entre el 50 y el 70% de la RM, señalando también que si las intensidades son del 75, 80 y 85 % de 1RM, las pérdidas de velocidad serán un 2.5, 5 y 10 % menor respectivamente.

González et al. (2017) concluyen esta síntesis de ideas exponiendo que lo que iguala el esfuerzo es la pérdida de velocidad en la serie y no el número de repeticiones realizado en la serie con la misma carga relativa.

Marco referencial

Fuerza

Existen diferentes definiciones sobre fuerza. Para Bompa, es la capacidad para aplicar una carga, siendo este el “ingrediente” más importante para la formación y/o para alcanzar el alto rendimiento de un atleta. El atleta que está siendo entrenado en esta capacidad, obtiene de 8 a 12 veces más fuerza que un deportista que no lo hace. Por ejemplo, un jugador de voleibol desarrollará más rápido sus capacidades de salto si realiza sesiones de fuerza (Bompa, 1992, p.66). González y Gorostiaga (2002, p.19) definen la fuerza como la capacidad del músculo para producir tensión al activarse o contraerse, por lo que es parte fundamental del ámbito deportivo, desde las otras capacidades físicas hasta la técnica. La fuerza relacionada con la técnica se denomina fuerza útil, que es la fuerza que se es capaz de aplicar a la velocidad en la que se realiza el gesto deportivo. La mejora de la fuerza en el ámbito deportivo siempre va a ser beneficiosa. La única manera en la que el entrenamiento de la fuerza puede ser perjudicial es cuando se realiza un trabajo mal orientado. Muchas veces las fallas técnicas no se dan por falta de habilidades o de coordinación del sujeto, sino por falta

de fuerza en los músculos que intervienen en el gesto deportivo (González & Gorostiaga, 2002 p.19).

Condicionantes de la fuerza

La fuerza está condicionada por fundamentos biológicos, energéticos y metodológicos.

Condicionantes biológicos: son 1) factores estructurales, 2) factores nerviosos, 3) desarrollo de la fuerza respecto al ciclo estiramiento-acortamiento (CEA) y 4) factores hormonales (González & Gorostiaga, 2002, p.64):

1. Factores estructurales del desarrollo de la fuerza

Hipertrofia

Los sujetos que poseen mayor grosor muscular (mayor área transversal del músculo), son capaces de producir mayor fuerza. Sin embargo, se han realizado estudios en los cuales se muestra que, tras algunas semanas de entrenamiento, se producen mayores cambios en la fuerza que en el tamaño del músculo, por lo que se piensa que hay otros factores que condicionan la fuerza (González & Gorostiaga, 2002, p.65). La hipertrofia es un fenómeno en el cual el tamaño del músculo aumenta. Hay dos tipos de hipertrofia: a) temporal: es el engrosamiento del músculo que se da durante la serie de entrenamiento, debido a acumulación de fluidos (edemas) en el espacio intersticial e intracelular del músculo y dura un corto periodo de tiempo; b) crónica: es resultado del entrenamiento a largo plazo, con verdaderos cambios estructurales en el músculo (Wilmore & Costill, 2007, p.99).

El aumento del tamaño del músculo se da, a su vez, por aumento de:

Número y tamaño de las miofibrillas del músculo.

Tejido conectivo y otros tejidos no contráctiles del músculo.

Vascularización.

Tamaño y, probablemente, número de fibras musculares o hiperplasia (aún no comprobado) (MacDougall, 1992, citado por González & Gorostiaga, 2002, p.67).

Fibras musculares

En el cuerpo humano hay diferentes tipos de fibras musculares debido a una distinción de los filamentos de miosina (isoforma), que les da características muy propias, sobre todo en la velocidad de contracción, lo que tiene un efecto directo sobre la producción de fuerza. En el humano, las fibras se distinguen en tipo I (lentas) y II (rápidas), las que a su vez se dividen en tipo IIA y tipo IIB (González & Gorostiaga, 2002, p.74), cuyas características se observan en la tabla 1.

Tabla 1. Tipo y características de las fibras musculares según Cometti.

Características	Tipo I	Tipo IIA	Tipo IIB
Denominación	Lentas	Rápidas	Rápidas
Tensión muscular			
Vascularización			
Fatigabilidad (índice)	0.8 - 1.2	0 - 0.8	
Glúcidos	+++	+++	+
Lípidos	+++	+	-
ATPasa	+	++	+++
Mioglobina	+++	++	+
Talla de una fibra	+	++	+++
Numero de miofibrillas por fibra	+	++	+++
Tiempos de contracción	99 - 140 ms	40 - 80 ms	

Fuente: González & Gorostiaga (2002, p.75).

2. Factores nerviosos del desarrollo de la fuerza

La capacidad para producir fuerza no solo depende del tamaño de los músculos, sino de la capacidad del sistema nervioso para activarlos (Sale, 1992, citado por González & Gorostiaga, 2002, p.79). La contracción muscular a nivel nervioso tiene a su base la unidad motora (UM) (ilustración 1), constituida por una motoneurona y las fibras musculares inervadas por ella. Según Billeter (1992, citado por González & Gorostiaga, 2002, p.83) una motoneurona puede inervar desde 5 fibras, en los músculos que ejecutan movimientos de precisión, hasta 1000 fibras, en los músculos que realizan movimientos de poca precisión.

Tabla 2. Características de los diferentes tipos de unidades motoras.

Tipo	Pico de fuerza	Tamaño	Umbral de estimulación	Frec. De descarga	fatigabilidad
FR (IIB)	Elevado	Grande	Alto	Alta	Alta
FF (IIA)	Medio	Medio	Medio	Media	Media
S (I)	Bajo	Pequeño	Bajo	Baja	Baja

Fuente: González y Gorostiaga (2002, p.84).

Mommaert (1977, citado por González & Gorostiaga, 2002, p.84), señala que las motoneuronas son las que dan las propiedades al músculo (a las fibras musculares) y no a la inversa; por tanto, las unidades motoras también pueden ser clasificadas en: a) rápidas-resistentes a la fatiga (FF), que inervan las fibras tipo IIA; b) rápidas-no resistentes a la fatiga (FR), que inervan las fibras tipo IIB; y c) lentas (S), que inervan a las fibras tipo I.

Las adaptaciones a nivel nervioso en la unidad motora se dan a partir de la frecuencia de impulsos, donde a mayor frecuencia de impulso, mayor producción de fuerza ocurre. El reclutamiento de las fibras se puede dar por el principio de la talla, según el cual primero se reclutan las fibras más pequeñas (Tipo I), hasta llegar a las fibras más grandes (Tipo II), pero cuando una contracción se realiza a máxima velocidad (de forma explosiva) primero se reclutan las fibras más rápidas (Tipo IIB).

Otro mecanismo importante a nivel neural en el entrenamiento de la fuerza es la mejora de la fuerza que se obtiene a partir de la coordinación intramuscular (sincronización de las unidades motoras) e intermuscular (González & Gorostiaga, 2002, p.95).

3. Factores del desarrollo de la fuerza relacionada con el ciclo estiramiento-acortamiento (CEA).

En el deporte, generalmente las contracciones se clasifican en concéntricas, excéntricas e isométricas, pero es una clasificación muy simple, ya que en el deporte y en la vida cotidiana se producen combinaciones. Por ejemplo, al correr hay una fase excéntrica que luego es seguida de una concéntrica, combinación que se denomina CEA, cuya característica principal es que la fase concéntrica se vuelve más potente al tener antes una fase excéntrica (González & Gorostiaga, 2002, p.97). Estudios han demostrado que el rendimiento mecánico de la contracción es mayor cuando se realiza en un CEA, que cuando no (Cavagna, 1965, citado por González & Gorostiaga, 2002, p.97).

Dos teorías buscan explicar por qué *una contracción con CEA es más eficaz que una contracción concéntrica pura*: a) el reflejo miotático, que consiste en que cuando el músculo se estira, unos receptores nerviosos que se encuentran en el músculo se estimulan, ya que son sensibles al estiramiento y envían una señal a la médula espinal, que a su vez envía un impulso y potencia la contracción, proceso que dura unos 30 milisegundos; b) la elasticidad del músculo y su capacidad para almacenar energía en el estiramiento (González & Gorostiaga, 2002, p.97).

4. Mecanismos hormonales

Aparte de los mecanismos musculares y neurales, también el sistema endocrino tiene gran influencia en la producción de fuerza, pues el sistema endocrino libera hormonas anabolizantes, como la testosterona, la hormona del crecimiento y el factor de crecimiento relacionado con la insulina (IGF-1), que regulan la actividad anabólica del músculo, estimulan el crecimiento de los tejidos y están involucrados en la síntesis proteica. También se liberan hormonas anabolizantes, como el cortisol, encargado de la degradación proteica del músculo para así apoyar la síntesis de glucosa. Se cree que los cambios que se producen luego de las sesiones de entrenamiento de la fuerza sobre las tasas hormonales anabolizantes y catabolizantes, son responsables de los cambios neurales y musculares como, por ejemplo, el tamaño del músculo (López & Fernández, 2008, p.168).

Aspectos metodológicos

Los aspectos metodológicos que se tendrán en cuenta son los componentes de la carga con énfasis en el volumen y la intensidad.

Volumen: es el aspecto cuantitativo de la carga y se refiere a la duración del estímulo o suma de estímulos (Weineck, 2005, p.22). En el entrenamiento de la fuerza aún se encuentra que el volumen es identificado por el tonelaje o los kilogramos levantados, pero se pierde información y se produce confusión, por lo cual, aunque no es suficiente, una mejor manera de expresar el volumen es por repeticiones y series por ejercicio (González & Gorostiaga, 2002, p.146).

Intensidad: es el aspecto cualitativo de la carga y se refiere al grado de esfuerzo de un estímulo o de la exigencia de la carga durante la realización del ejercicio y se puede medir en porcentajes con relación a la fuerza máxima (% de un RM) como también a la percepción subjetiva del esfuerzo (Boeckh & Buskies, 2005, p.31).

Porcentajes con relación a la carga máxima

RM. Es un test en el cual se realiza una repetición máxima, es decir, con el peso máximo posible. Este peso, en kg, indica la máxima intensidad (100%), y a partir de allí se pueden calcular las intensidades en porcentajes a las cuales se desea entrenar. La expresión de intensidades a partir de RM tiene una gran ventaja, porque se puede realizar un plan para varios deportistas de manera fácil, donde ellos calculan, por medio de porcentajes, la intensidad relativa, y además brinda información valiosa sobre la concepción del entrenamiento y el cambio continuo de la fuerza. Sin embargo, el RM como forma de medir la intensidad, presenta inconvenientes como:

- No debe ser medido en sujetos jóvenes o poco entrenados porque no son fiables los resultados, ya que: a) puede haber temor al realizar el test, b) por riesgo de lesiones y c) porque hay otras maneras válidas de estimar el RM.
- El % de un RM no es el mismo para cada día de entrenamiento, lo que puede suceder por fatiga o adaptación.
- Es posible que el test no se realice bien. Por ejemplo, si la repetición máxima se realiza con una velocidad igual o superior a 0,3 m/s, el resultado que indica el test está por debajo del RM real, por lo que el entrenamiento se realizará con intensidades inferiores a las deseadas.
- Es posible que un porcentaje de un RM signifique dos cargas totalmente diferentes si se realizan con ejercicios que necesitan velocidades diferentes, como un press de banca y una cargada (González & Ribas, 2003, p.136).

- Percepción subjetiva o carácter del esfuerzo. De acuerdo con González (1992, citado por González & Ribas, 2003), se refiere al número de repeticiones por serie con relación al máximo número repeticiones que pueden completarse.

Manifestaciones de la fuerza

Según González y Gorostiaga (2002, p.52), no se tiene en cuenta la fuerza-resistencia como manifestación de la fuerza, ya que se trata de la capacidad de mantener una o varias manifestaciones durante un tiempo determinado.

Fuerza absoluta. Es la capacidad potencial teórica y la expresión máxima de fuerza, depende del tipo de fibras y del área transversal del músculo, no se entrena, solo se expresa bajo situaciones extremas por ayuda de fármacos o electro-estimulación.

Fuerza isométrica máxima. Es la mayor manifestación de fuerza voluntaria contra una resistencia insuperable, pero que se puede controlar. Se debe tener en cuenta siempre el ángulo en el cual se realiza la contracción.

Fuerza máxima excéntrica. Se produce cuando se opone a la máxima capacidad de contracción muscular una resistencia que va en contra del movimiento deseado por el deportista.

Fuerza dinámica máxima. Es la máxima expresión de fuerza con la que se puede movilizar una resistencia solo una vez, y sin, o con poca ayuda del CEA.

Fuerza dinámica máxima relativa. Se expresa ante resistencias inferiores a la de la fuerza dinámica máxima, es decir, es la fuerza máxima que se puede ejercer con cada porcentaje de la fuerza máxima. Esta también se puede expresar o ver por la velocidad a la que se ejecuta el movimiento con cada porcentaje de un RM.

Fuerza explosiva. Esta fuerza está presente en todas las manifestaciones de fuerza y se refiere la mayor cantidad de tensión muscular por unidad de tiempo, es decir, a la mayor pendiente en la curva fuerza-tiempo y corresponde siempre con el mayor índice de manifestación de fuerza (IMF). La fuerza explosiva depende de la capacidad contráctil y de reclutamiento del músculo y su manifestación se basa en desarrollar mucha fuerza por el reclutamiento y sincronización instantáneos del mayor número de unidades motoras.

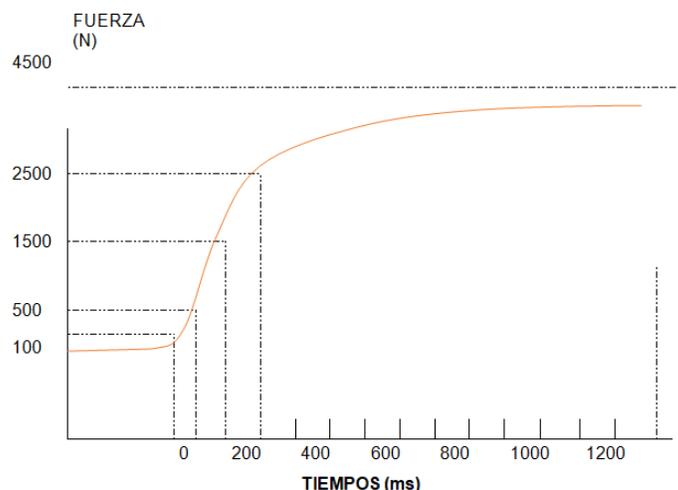
Fuerza elástico-explosiva. Se apoya de los mismos componentes para su manifestación que la anterior y además se le agrega la capacidad elástica del músculo, que actúa gracias a un estiramiento previo a la contracción, por lo que la importancia de los mecanismos nerviosos de reclutamiento y sincronización son menores.

Fuerza elástico-explosiva-reactiva. Aparte de lo anterior, se añade un componente de facilitación neural como lo es el reflejo miotático, que interviene debido al carácter del CEA, lo cual lo hace más rápido con una fase de transición del estiramiento a la

contracción más corta. Grosser (1992, citado por González & Gorostiaga, 2002, p.56) plantea que este tipo de fuerza se manifiesta completamente si el CEA se sitúa por debajo de los 200 mseg.

Curva fuerza-tiempo

Es la relación entre la fuerza expresada y el tiempo necesario para obtener dicha fuerza. Cada manifestación tiene unas características que evolucionan en el tiempo de forma diferente. En el gráfico de la curva fuerza tiempo, el tiempo se representa en mseg en el eje X. En el eje Y se representa un porcentaje de fuerza en Newton (Gráfica 1).

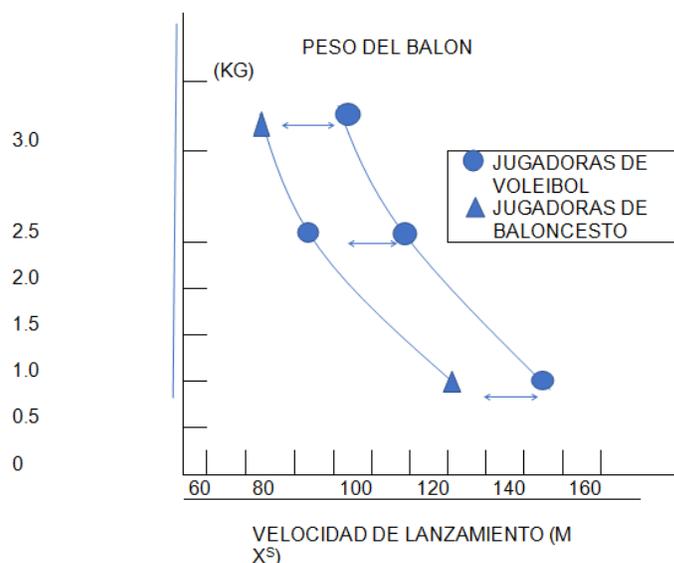


Gráfica 1. Ejemplo de curva fuerza-tiempo de Hakkinen et al. (1984, citados por González & Gorostiaga, 2002, p.23).

Se representa la fuerza en función del tiempo. Se observa que el sujeto obtuvo su fuerza isométrica máxima (el 100% del sujeto), pero para ello necesitó un tiempo. Estos factores son determinantes, pues “en casi todos los deportes, lo que se pretende es realizar los movimientos de la forma más rápida posible” (González & Gorostiaga, 2002, p.209), lo que se puede evaluar en la curva fuerza-tiempo.

Curva fuerza-velocidad

En ella, la fuerza se representa en Newton en el eje Y, y la velocidad en m/s en el eje X, indicando cuál es la velocidad que obtenemos con cada porcentaje de fuerza. Estas tienen una relación inversa: cuanto mayor sea la fuerza, menor será la velocidad y viceversa, lo que no significa que si se entrena la fuerza se va a volver más lento. Al contrario, una de las maneras de mejorar la velocidad de ejecución es mejorando la fuerza. Por ello, con el entrenamiento se busca que la curva esté cada vez más a la derecha, lo que indicaría que la fuerza se aplica a mayor velocidad (Gráfica 2).



Gráfica 2. Ejemplo curva fuerza-velocidad en jugadoras de voleibol y baloncesto basado en Hakkinen (1989, citado por González & Gorostiaga, 2002, p.33).

Evaluación de la fuerza

La evaluación de la fuerza forma parte del control del entrenamiento y se utiliza tanto para mirar los resultados que se dan con el entrenamiento, como para planear lo que se va a hacer, proporcionar el estímulo óptimo y obtener el mejor resultado con el menor esfuerzo (González & Gorostiaga, 2002, p.243).

Métodos para medición de las variables

Según González y Gorostiaga (2002, p.246), la fuerza se mide con los métodos isométrico, isocinético, anisométricos concéntricos con pesos libres o máquinas y métodos basados en el CEA.

Pesos libres medidos con el “ergo power” o “T – FORCE system”

Cuando se realizan test con pesos libres, se acerca mucho a situaciones de competencia, lo cual es muy bueno, pero se obtiene muy poca información. Por el contrario, cuando se utilizan aparatos isocinéticos se tiene mucha más información, pero se aleja de las situaciones de competencia. Con aparatos como el T-FORCE system se pueden obtener los mismos datos que con pesos libres, además de datos relacionados con la velocidad, fuerza y potencia desarrolladas durante el ejercicio, ya que el T-FORCE system mide el desplazamiento en función del tiempo. También se obtienen datos ofrecidos por las máquinas isocinéticas, pero sin los inconvenientes que estas presentan. La confiabilidad de este instrumento es $r=0,999$ tanto para la medición de la potencia como de la velocidad (Bosco, 1993, citado por González & Gorostiaga, 2002, p.255).

Presenta cierta limitación porque solo se puede realizar en ejercicios en los cuales la trayectoria es totalmente vertical. Los datos que proporciona son: carga utilizada, mejor repetición realizada, potencia media, fuerza media, desplazamiento de la barra, velocidad media, pico de potencia, tiempo para alcanzar el pico de potencia, tiempo positivo, tiempo positivo activo, desplazamiento positivo activo, potencia media verdadera, pico de potencia verdadero, tiempo negativo, tiempo negativo activo, desplazamiento negativo activo, potencia negativa y fuerza negativa.

La utilización del T-FORCE system es simple: se pone un sujetador sobre la barra, la cual la arrastra y da información a un sensor que exporta los datos a un computador. Se puede usar en modo test y en modo entrenamiento. Como aplicaciones prácticas, puede indicar: curva fuerza-tiempo, curva fuerza- velocidad, curva de potencia, déficit de fuerza, curva de fatiga, diferenciar los ejercicios en función del porcentaje, ver la progresión sin necesidad de aumentar la carga (mirando la velocidad a la que se ejecuta el movimiento), y comprobar si el efecto del entrenamiento es sobre la fuerza o sobre la velocidad (González & Gorostiaga, 2002, p.256).



Métodos basados en el CEA

Estos métodos se basan en pruebas con saltos. Los test basados en el CEA son: a) Squat jump (SJ). Aunque en este se debe evitar el efecto del estiramiento, por su relación con los otros se incluye en estos métodos; b) Salto con contra-movimiento (CMJ); y c) Salto de profundidad (DJ). El instrumento más fiable para realizar esta batería de test es la plataforma de Bosco o el ergo jump, una plataforma de contacto que puede presentar un gran margen de error si se utiliza mal (González & Gorostiaga, 2002, p.267).

El test CMJ se realiza con un salto que viene acompañado de una fase excéntrica en la que hay una flexión de piernas hasta un ángulo aproximado de 90%, seguida de un salto para el que se toman las características del SJ, con la diferencia de que en el CMJ se aprovecha la energía elástica del músculo. La fuerza elástica se establece por la diferencia porcentual entre ambos test, donde los valores oscilan entre 10 y 20%. Este test mide la fuerza explosiva,

la capacidad de reclutamiento, la expresión del porcentaje de fibras rápidas, la utilización de la energía elástica y la coordinación inter e intramuscular. Se correlaciona con la velocidad de desplazamiento, el test de abalakov, el salto de longitud de parado, el pico de fuerza obtenido en una máquina isocinética a 4.2 rad/s, y la fuerza isométrica máxima en jugadoras de voleibol y baloncesto (Hakkinen, 1989, citado por González & Gorostiaga, 2002, p.272).



Carácter del esfuerzo en función de la pérdida de velocidad en la serie

González y Gorostiaga (2002) definen el carácter del esfuerzo como el número de repeticiones realizadas en cada serie, con relación al máximo número de repeticiones que pueden completarse. González et al. (2017) correlacionan el carácter del esfuerzo con la pérdida de velocidad y clasifican los esfuerzos en función de la pérdida que se presenta en cada serie.

Estos pueden ser ligeros o pequeños cuando la pérdida de velocidad es mínima, que corresponden a menos de la mitad de las repeticiones que pueden completarse y equivalen del 5 al 10% de pérdida en la serie. Para el carácter del esfuerzo medio, equivalen a la mitad de las repeticiones posibles y corresponden a un 15 a 30% de pérdida de velocidad en la serie. Para un carácter del esfuerzo alto, las pérdidas de velocidad oscilan entre 25 a 30% y corresponden a más de la mitad de las repeticiones posibles, siempre dejando de hacer 2 o 4 repeticiones en cada serie. Para el carácter del esfuerzo máximo, las pérdidas porcentuales de velocidad oscilan entre 50 y 70% y alcanzan casi el máximo número de repeticiones que se pueden completar en una serie.

Método

Tipo de estudio

Estudio experimental con enfoque cuantitativo, con grupo control y grupo experimental, con asignación aleatoria de los sujetos a los grupos, esquematizado así: GC: O1 X O2 / GE: O3 X O4. Donde GC= grupo control, GE= grupo experimental, O= test y X= tratamiento.

Población y muestra

La población son los rugbistas universitarios del departamento de Antioquia y la muestra fueron 19 jugadores de rugby activos de la Universidad Nacional sede Medellín, con edad 18 a 27 años.

Criterios de inclusión

Pertenecer a la selección masculina de rugby de la Universidad Nacional sede Medellín.

Tener edad entre 18 y 30 años.

Aceptar participar del estudio y protocolizarlo a través de la firma del consentimiento informado.

Tener aval médico.

Criterios de exclusión

Presentar lesión osteomuscular durante el tratamiento

Estar bajo efectos de sustancias que puedan alterar el rendimiento deportivo, como drogas y alcohol.

Control de sesgos

Sesgos de información: realizando los test con equipos válidos y confiables. El salto fue medido a través de la plataforma de contacto, la cual tiene un $R=0,96$ para determinar la altura del salto; el RM se realizó con t-force Gold standard (González et al., 2017); la velocidad en 20 metros fue medida con cámara fotográfica marca Nikon D5300, trípode y software Kinovea.

Sesgos de selección: asignando los sujetos a los grupos al azar a través del software Excel y los investigadores se distribuyeron las tareas sin intervención entre sí.

Sesgos de confusión: procurando controlar variables confusoras como alimentación, sueño y motivación, recomendando:

- Seguir una dieta normo-calórica y comer normalmente al menos 3 veces al día.
- Dormir al menos 8 horas diarias.
- No realizar entrenamiento de fuerza adicional.
- Proporcionar aproximadamente la misma cantidad de estímulos en la orientación técnico-táctica.

Delimitación

El estudio se realizó como un plan de entrenamiento de 6 semanas y ahondó en la capacidad física de fuerza y en su aplicación en el rugby universitario. La recolección de datos, los test y la ejecución del plan se realizaron en la cancha, en el coliseo y en el gimnasio de la Universidad Nacional sede Medellín.

Limitaciones

Deserción por lesiones osteomusculares causadas por entrenamiento o competencia e inasistencia a sesiones de la intervención.

Operacionalización de variables

Tabla 3. Operacionalización de variables.

Variable	Definición	Tipo de variable	Escala de medición	Magnitud
CE medio	15 a 30% de pérdida de velocidad en la serie	Cualitativa	Ordinal	
CE máximo	50 a 70% de pérdida de velocidad en la serie	Cualitativa	Ordinal	
Velocidad de ejecución	Carga movilizada en 1 m/s	Cuantitativa	Razón	kg
Altura del salto vertical	Altura alcanzada por el sujeto en un CMJ	Cuantitativa	Razón	Cms
Velocidad en 20 metros	Tiempo en recorrer una distancia, sobre esa misma distancia	Cuantitativa	Razón	m/s
Fuerza	Peso movilizado	Cuantitativa	Razón	kgs
Experiencia deportiva	Tiempo de la práctica en rugby	Cuantitativa	Intervalo	Meses
Edad	Edad	Cuantitativa	Razón	Años
Talla	Altura	Cuantitativa	Razón	Cms
Peso	Peso	Cuantitativa	Razón	kgs

Intervención del grupo experimental

El grupo experimental realizó un plan de entrenamiento de fuerza de 6 semanas, con 2 sesiones por semana, con 4 series de sentadilla profunda por sesión, un carácter del esfuerzo de 6 repeticiones de 12 posibles, descanso de 2 minutos entre serie y motivación verbal para realizar el ejercicio a la mayor velocidad posible. Las sesiones se llevaron a cabo los martes y jueves, de 12:00 a 13:00 horas y los participantes usaron ropa adecuada.

Intervención del grupo control

El grupo control realizó un plan de entrenamiento de fuerza de 6 semanas, con 2 sesiones por semana, con 4 series de sentadilla profunda por sesión, un carácter del esfuerzo de 11 a

12 repeticiones de 12 posibles, descanso de 2 minutos entre serie y motivación verbal para realizar el ejercicio a la mayor velocidad posible.

Plan de intervención

	Semanas								VT
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Frecuencia de estímulo		2	2	2	2	2	2		
Pretest									
Posttest									
Tratamiento									
VGE (6(12)*4)		48	48	48	48	48	48		288
VGC (12(12)*4)		96	96	96	96	96	96		576
VGE (volumen del grupo experimental, VGC (volumen del grupo control, VT (volumen total))									

Protocolos de medición

Calentamiento

Los deportistas llevaron ropa adecuada para cada prueba, pantaloneta y calzado adecuado (guayos y tenis) según recomendaciones.

- Trote de baja intensidad (percepción 5 en una escala de 1-10), durante 8 minutos
- Plancha (4 series de 30 segundos)
- Crunch (4 series de 10 repeticiones)
- Lumbares (4 series de 10 repeticiones)
- Sprint 20 metros (3 series con descansos completo)

Velocidad en 20 metros

3 minutos después de realizar su calentamiento, los deportistas se ubicaron 50cm detrás del cono y realiza un sprint a máxima velocidad, se tomó el tiempo registrado en video, un minuto después se repite la prueba y se tomó el mejor tiempo.

Salto vertical

3 minutos después del calentamiento, a través de una plataforma de contacto el deportista realizó 3 saltos verticales con CMJ, con 2 minutos de descanso entre cada intento, y se tomó el dato del mayor salto.

Medición del RM

El RM en sentadilla profunda se midió con el protocolo de Pareja et al. (2017), así:

Inicia con las rodillas y tronco extendidos.

Desciende hasta que el muslo y la pantorrilla se toquen.

La fase concéntrica a máxima velocidad.

Empieza con una carga de 30 kg.

Aumenta de a 10 kg por serie.

Cuando la velocidad baja de 0,6 m/s se aumentan de a 5 kg.

Realiza 3 repeticiones con cargas menores al 50% RM como indica el t-force.

Realiza 2 repeticiones entre 50 y 80% RM como indica el t-force.

Realiza 1 repetición con cargas superiores al 80% como indica el t-force.

Se da motivación verbal.

Descanso entre serie de 3 a 5 minutos.

Análisis estadístico

En primer lugar, se realizó un análisis univariado para describir los valores de fuerza máxima y aspectos sociodemográficos de los participantes. Según Rubio y Berlanga (2012), para que una prueba de significación estadística sea paramétrica, se deben cumplir condiciones como la distribución normal de la variable cuantitativa en los grupos que se comparan y la homogeneidad de las varianzas en las poblaciones. Se hizo una prueba de normalidad con shapiro wilk y los datos presentaron distribución normal. Se utilizó la t de student para muestras independientes, se comparó el pre-test y el pos-test de cada grupo utilizando la t-student para muestras relacionadas, y finalmente se compararon los pos-test de ambos grupos con la t-student para muestras independientes. El nivel de significación estadística para este estudio se estableció en ($p \leq 0,05$). Para realizar el análisis estadístico se utilizó el software Microsoft Excel 2010 y luego los datos fueron transportados al programa estadístico IBM SPSS Statistics v.22.

Cegamiento

Es un estudio doble ciego. El primer procedimiento a cegar fue en los protocolos de evaluación: los evaluadores (de fuerza a través del t-force, altura del salto vertical y velocidad en 20 metros) realizaron los test (pretest y postest), consignaron la información en planillas diseñadas para tal fin y luego estos datos fueron digitalizados en una base de datos y se le entregó a un investigador quien se encargó únicamente de este proceso (no tuvo funciones en las evaluaciones, en las intervenciones, ni en el análisis estadístico). El segundo procedimiento cegado en esta investigación fue el análisis estadístico, ya que quien se

encargó del análisis no supo a qué sujeto pertenecían los datos, ni a qué grupo, ya que recibió los datos codificados, manteniendo su confidencialidad.

Enmascaramiento

Para mantener la confidencialidad de los datos, desde el inicio del estudio los participantes fueron codificados en una planilla. El investigador encargado de manejar la información asistió a una sesión de entrenamiento programada donde tomó nota del orden de llegada de los deportistas, asignando un número (1 a 19) a cada uno y se consideró la identidad del sujeto.

Los deportistas fueron expuestos a los criterios de inclusión y exclusión, se realizó una asignación al azar a los grupos empleando el software Excel 2010, buscando garantizar el balance de los grupos al inicio de la investigación.

Aspectos éticos

Se cumplió con lo establecido respecto a la investigación con seres humanos en la Declaración de Helsinki y en la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de la Protección Social de Colombia, según la cual este estudio tuvo un grado de riesgo mínimo ya que el tratamiento que se realizó fue de carácter rutinario dado que la población no era ajena a los entrenamientos de fuerza y, por el contrario, dadas las características del deporte, los participantes están familiarizados con el trabajo de esfuerzos maximales con alteras. Todas las personas e instituciones involucradas de manera directa o indirecta en el estudio fueron informadas de sus detalles en cuanto a resultados, aportes al campo académico y deportivo, riesgos, ventajas y beneficios. Los participantes firmaron el consentimiento informado (apéndice 3). Se solicitó al comité de carrera del Instituto de Educación Física y Deporte de la Universidad de Antioquia el aval para realizar la investigación (apéndice 4).

A los datos y resultados solo se les dio uso con fines académicos y a ellos solo tuvieron acceso los investigadores y participantes que lo desearan. La información se guardó en un computador con contraseña para absoluta confidencialidad y para la divulgación de resultados se protegerá la identidad de los deportistas.

Resultados

En los resultados (tabla 4) se pueden evidenciar principalmente los cambios en pre test y pos test para las variables de carga representada en kilogramos desplazados a un metro por segundo, que fueron significativos para ambos grupos, y en el CMJ y la velocidad en 20m se observa una mejora, aunque no representa un cambio estadísticamente significativo ($P < 0,05$) para ninguno de los dos grupos. Ambos grupos presentaron un aumento del índice de masa corporal, no significativo estadísticamente en post test de ambos grupos (grupo experimental, $26,83 \pm 2,64$ y grupo control, $27,07 \pm 4,12$).

Tabla 4. Medias estadísticas de cada grupo, pre test pos test y nivel de significancia para muestras independientes en post test de ambos grupos.

	CE MED			CE MAX			Prueba t para la igualdad de medias (Post cemed/cemx)
	PRE	POST	P VALOR	PRE	POST	P VALOR	Sig. bilateral
Carga de 1 M/S (KG)	51,60 ($\pm 8,93$)	57,32 ($\pm 8,76$)	,004	52,91 ($\pm 15,24$)	53,13 ($\pm 15,66$)	,0347	,887
CMJ (CM)	40,81 ($\pm 6,76$)	43,41 ($\pm 6,91$)	,000	41,21 ($\pm 8,47$)	41,93 ($\pm 8,16$)	,232	,516
20M (M/S)	6,45 ($\pm 0,43$)	6,68 ($\pm 0,62$)	,177	6,45 ($\pm 0,27$)	6,55 ($\pm 0,36$)	,279	,678
IMC	26,83 ($\pm 2,77$)	27,07 ($\pm 2,64$)	,151	26,77 ($\pm 4,05$)	26,83 ($\pm 4,12$)	,711	,579

Según la prueba t para la igualdad de medias en post test del grupo experimental y grupo control, los resultados no arrojaron diferencias estadísticamente significativas. El grupo experimental completó 288 repeticiones de sentadilla, profunda mientras que el grupo control completó 576 repeticiones.

Discusión

Como lo indican González y Ribas (2003), la cuantificación de la carga en el entrenamiento de fuerza tiene varios inconvenientes, entre ellos la prescripción del entrenamiento según el porcentaje de RM, test poco fiable dada su variabilidad y alto riesgo de lesión. Otra solución ha sido la XRM, con el problema de que en cada serie se debe llegar al fallo muscular, lo que tal vez no sea necesario para obtener los mejores efectos. Frente a este problema, González y Ribas (2003) proponen medir la velocidad de ejecución de la primera repetición y la pérdida de velocidad en la serie. Sin embargo, para poder cuantificar y prescribir la carga de entrenamiento de esta manera es necesario tener instrumentos de medición

electromecánica capaces de medir la velocidad de ejecución de forma válida y confiable, pero estos instrumentos pueden tener un alto costo.

En esta investigación se basó en el *carácter del esfuerzo* planteado por González y Gorostiaga (2002), tomando el *carácter del esfuerzo medio* (González et al., 2017), en el que se realiza la mitad de repeticiones posibles por serie. Esta pérdida de velocidad fue elegida ya que se ha demostrado que con cargas entre 60 y 80% de la RM, el porcentaje de repeticiones realizado tiene una correlación muy estrecha con la pérdida de velocidad en la serie de la sentadilla (Rodríguez-Rosell, 2017), de manera que cualquier entrenador o preparador físico puede programar el entrenamiento de fuerza cuando no tiene ninguno de estos instrumentos para medir la velocidad de ejecución.

Los estudios que comparan la pérdida de velocidad de ejecución en la serie, con entrenamientos cercanos al fallo en la sentadilla, han crecido en los últimos años. Pareja et al. (2017) compararon dos pérdidas de velocidad de 20 y 40% en sentadilla ante diferentes velocidades, salto vertical, sprint en 20m e hipertrofia medida a través de resonancia magnética. Sus resultados mostraron que ambos grupos ganaron fuerza dinámica máxima de manera similar, pero el grupo que perdió menos velocidad mejoró significativamente el CMJ; en sprint ninguno de los grupos mejoró y en hipertrofia ambos grupos mejoraron significativamente.

También Rodríguez en 2017 publicó dos estudios es los que comparó diferentes pérdidas de velocidad en la sentadilla, mostrando siempre los mejores efectos en pérdidas de velocidad entre 10 y 20%. En un estudio con futbolistas, Pareja et al. (2017b) compararon pérdidas de velocidad de 15 vs 30% de velocidad de ejecución, mostrando mejoras superiores en el RM, y CMJ superiores en el grupo con pérdidas de velocidad menor. Los resultados de estas investigaciones van en la misma línea de los resultados del presente estudio, ya que se demuestra que no es necesario llegar al fallo muscular, o cerca de él, para mejorar el rendimiento deportivo, y que realizando menos repeticiones se pueden tener los mismos o incluso mejores resultados. En cuanto al IMC obtenido en este estudio, presenta valores similares a los reportados por Báez et al. (2019) en su caracterización de rugbistas chilenos amateurs y universitarios ($28,2 \pm 3,9$).

Como principal limitación del presente estudio, los deportistas, luego de la intervención en fuerza, debían realizar su entrenamiento de cancha habitual, lo que posiblemente tuvo algún tipo de interferencia con las ganancias en fuerza. Además, el control estricto de la carga del entrenamiento de fuerza necesita un instrumento que mida la velocidad de ejecución en todos los entrenamientos, pero, por la naturaleza de este estudio, no se controló de esa forma. Otro aspecto que no se tomó en cuenta, fue la fuerza dinámica con cargas diferentes a 1m/s para, de esta manera, observar si con otras cargas había diferentes resultados. Por último, sería importante replicar este estudio durante más tiempo, con el fin de determinar si existen diferencias en el CMJ y el sprint.

Estos datos fueron obtenidos en sujetos con alguna experiencia previa en entrenamiento de fuerza y que además practican rugby de nivel universitario, por lo que estos datos solo pueden extrapolarse a poblaciones con características similares. Además, como la muestra es limitada, no se deben generalizar los resultados.

Sin embargo, como se indicó, los resultados de este estudio van en la misma línea de otros como los de Pareja et al. (2017a,b) y Rodríguez (2017), donde se demuestra que no es necesario realizar todas las repeticiones posibles, y que al entrenar la sentadilla a la máxima velocidad y sin grandes pérdidas se obtienen los mejores resultados en la fuerza dinámica máxima con diferentes cargas, el CMJ y el sprint. Así, tal vez esta es la mejor alternativa ya que no se produce una fatiga tan alta, pero sí resultados importantes en el rendimiento deportivo. Se debe tener presente que el grupo experimental completó 288 repeticiones de sentadilla profunda, mientras que el grupo control completo 576 repeticiones, por lo que el costo beneficio favorece al carácter del esfuerzo medio.

Se considera importante que a futuro se avance en esta línea de investigación, tanto con instrumentos de medición, que sería la forma ideal, como sin ellos, tal como se propone en este estudio, para que así más entrenadores en el mundo puedan utilizar el entrenamiento basado en la velocidad de ejecución sin limitantes económicas.

Conclusión

De acuerdo con los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis nula número 1 (Ho1) porque no existen diferencias estadísticamente significativas entre el CE medio y CE máximo de carga que se puede desplazar a 1 m/s en sentadilla.

Se acepta la hipótesis nula número 2 (Ho2), pues no existen diferencias estadísticamente significativas entre el CE medio y CE máximo en la altura en el salto vertical.

Se acepta la hipótesis nula número 3 (Ho3), dado que no existen diferencias estadísticamente significativas entre el CE medio y CE máximo en el tiempo de velocidad en 20 m.

Para efectos de entrenamiento, como se mencionó, se concluye que no se deben descartar los entrenamientos con un CE medio, ya que se pueden obtener mejoras con un volumen de entrenamiento mucho menor que no genere interferencia con el resto del entrenamiento al producir un menor índice de fatiga, además de generar ganancias significativas en expresión de fuerza explosiva, determinante para la obtención de resultados de la práctica deportiva.

Referencias

- Báez, E., Jil, K., Ramírez, R., Tuesta, M., Barraza, F., Opitz, A., & Yáñez, R. (2019). Composición corporal y somatotipo de rugbistas chilenos y su relación con la posición de juego. *International Journal of Morphology*, 37(1), 331-337.
- Balsalobre, C., & Jiménez, P. (2014). *Entrenamiento de fuerza: nuevas perspectivas metodológicas*. España: Los autores.
- Boeckh, W., & Buskies, W. (2005). *Entrenamiento de la fuerza*. España: Paidotribo.
- Bompa, T. (1993). *Periodization of strength: the new wave in strength training*. Canada: Veritas Publications.
- González, J., & Gorostiaga, A. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento*. Madrid, España: INDE.
- González, J., & Ribas, J. (2003). *Bases de la programación del entrenamiento de la fuerza*. Madrid, España: INDE.
- González, J. & Ribas, J. (2019). *Fuerza, velocidad y rendimiento físico y deportivo*. España: ESM.
- González, J., & Sánchez, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347-352.
- González, J., Sánchez, L., Pareja, F., & Rodríguez, D. (2017). *La velocidad de ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de fuerza*. España: Ergotech.
- López, J., & Fernández, A. (2008). *Fisiología del ejercicio*. Madrid, España: Médica Panamericana.
- Pareja, F., Rodríguez, D., Sánchez, L., Gorostiaga, E., & González, J. (2014). Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance. *International Journal of Sports Medicine*, 35(11), 916-924.
- Pareja, F., Rodríguez, D., Sánchez, L., Sanchis, J., Dorado, C., Mora, R., & González, J. (2017a). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(7), 724-735.
- Pareja, F., Sánchez, L., Suárez, L., & González, J. (2017b). Effects of velocity loss during resistance training on performance in professional soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(4), 512-519.
- Rodríguez, D., Yáñez, J., Torres, J., Mora, R., Marques, M., & González, J. (2018). Effort index as a novel variable for monitoring the level of effort during resistance exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(8), 2139-2153.

- Rodríguez, D. (2017). *La velocidad de ejecución como variable para el control y la dosificación del entrenamiento y como factor determinante de las adaptaciones producidas por el entrenamiento de fuerza* (Tesis doctoral). Universidad Pablo de Olavide.
- Rubio, M., & Berlanga, V. (2012). Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. *REIRE. Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 5(2), 83-100.
- Sánchez, L., Pérez, C., & González, J. (2010). Importance of the propulsive phase in strength assessment. *International Journal of Sports Medicine*, 31(2), 123-129.
- Weineck, J. (2005). *Entrenamiento total*. Barcelona, España: Paidotribo.
- Wilmore, J., & Costill, L. (2007). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Barcelona, España: Paidotribo.