

Article

Entrenamiento de Fuerza en Deportes Acíclicos: ¿Qué, Cómo, Cuánto?

Lic. Andrés Lépori

Licenciado en Educación Física. Docente en Profesorado y Universidad Nacional en Educación Física. Docente en cursos virtuales de www.g-se.com. Coordinador del Grupo Biotraining (capacitaciones presenciales y virtuales en entrenamiento): Biotrainig Group

RESUMEN

- Introducción
- Variables de prescripción del entrenamiento de Fuerza: tipos de ejercicios, características y transferencia al deporte.
- Producción de Fuerza-Potencia-Velocidad en distintos ejercicios.
- ¿Existen ejercicios mejores que otros? ¿Los dosificamos adecuadamente?
- Variables de programación del entrenamiento de Fuerza: selección de la intensidad y volumen según el tipo de ejercicio.
- Ejemplo de programas de entrenamiento en deportes acíclicos.
- Conclusiones.

INTRODUCCIÓN

En este artículo se describe uno de los componentes que integra las variables de prescripción del entrenamiento de fuerza: tipo de ejercicio, diferenciando sus características cinéticas y cinemáticas más importantes, mientras que no se hace referencia a los métodos de entrenamiento (que también forman parte de dichas variables).

Posteriormente se realiza un abordaje de dos de los componentes de la dosis-carga: intensidad y volumen, que junto con los modelos de “periodización” (no se mencionan en este manuscrito) corresponden a las variables de programación del entrenamiento.

Al revisar la literatura científica frecuentemente se encuentran distintas clasificaciones de ejercicios basadas por ejemplo en sus características según la curva Fuerza-Velocidad, y se los “etiqueta” como “Ejercicios de Velocidad (Fuerza a cargas ligeras) y ejercicios de Fuerza máxima (Fuerza a cargas altas). Este enfoque tiene algunas limitaciones: por un lado ya se ha mencionado (parte I) que es imprecisa física y semánticamente (González Badillo, Heredia Elvar, Peña García Orea, 2016); y por otro suele situarse a los ejercicios en ciertas zonas de forma incorrecta: a ejercicios de ciclo estiramiento-acortamiento (C.E.A.) largo como los saltos al cajón, lanzamientos y C.E.A. corto como los saltos entre vallas, segundos de triple, los drops jumps en el extremo de alta velocidad con baja producción de Fuerza y otros como la sentadilla con cargas >80% de 1 RM en el extremo de alta producción de Fuerza y baja velocidad. A su vez los ejercicios secuenciales o de

levantamiento olímpico y sus derivados como el Arranque, la Cargada y el Segundo tiempo (en sus distintas variantes) son colocados en la parte media de la curva, indicando una generación intermedia de Fuerza y Velocidad en relación a los mencionados anteriormente. En el apartado de “Producción de Fuerza, Potencia y Velocidad en los distintos tipos de ejercicios” veremos que esto no es del todo correcto.

Es muy habitual leer y escuchar también enunciados tales como: “los levantamientos olímpicos son los ejercicios que más Potencia generan”; en relación a esto se mostrarán datos de ejercicios más simples técnicamente hablando y que a su vez, usando menos carga externa (incluso ninguna) generan valores de Fuerza y Potencia mayores, sin que sea la Potencia la variable a observar. Esto no desacredita en absoluto la utilización de los ejercicios secuenciales, todo lo contrario, su utilización en relación a la técnica, cargas y contexto adecuados generará grandes beneficios en la ganancia de Fuerza.

Otra descripción muy habitual es establecer una especie de “ranking” de ejercicios, donde la “pobre” sentadilla lleva siempre las de perder. Si analizamos datos concretos, es cierto que al comparar cada % de 1 RM en los mismos sujetos ésta genera valores de Fuerza, Potencia, y Velocidad menores con respecto a ejercicios de C.E.A. e incluso secuenciales. Según este enfoque, como es un ejercicio “lento” no sería el más propicio para el desarrollo de la “Potencia”.

Algunos estudios compararon el efecto adaptativo (transferencia) sobre las acciones de alta velocidad al entrenar con diferentes ejercicios, por ejemplo “sentadilla vs levantamientos olímpicos o saltos” y la mayoría de ellos coinciden en que los mayores beneficios en estos gestos (saltos, aceleraciones, cambios de dirección) se obtienen con los últimos dos. Sin embargo, ¡hay que estar atentos a la “letra chica” de las investigaciones! ya que en muchas de ellas se utilizaron protocolos de entrenamiento para la sentadilla con la tradicional dosis de “Fuerza máxima”; es decir cargas >80% de 1 RM realizando 3-8 repeticiones máximas, lo que implica alcanzar el fallo muscular!

En la actualidad existe sobrada evidencia científica de que el entrenamiento con alta fatiga fisiológica, realizando el máximo número de repeticiones posibles en la serie, dista de generar las mejores adaptaciones relacionadas a la Fuerza en deportistas medida por el rendimiento en test específicos antes mencionados. Entonces, parafraseando a González Badillo (2019), ¡el problema no es sólo del ejercicio, sino también de su adecuada dosificación!

Variables de prescripción del entrenamiento de Fuerza: tipos de ejercicios, características y transferencia al deporte

Las variables de prescripción aluden a “ordenar o determinar un conjunto de ejercicios físicos dirigidos a mantener o mejorar la condición física y la salud” (Heredia Elvar, Peña García Orea, 2019). Se relacionan fundamentalmente con la selección de dos variables de entrenamiento: la metodología y la selección de ejercicios. En esta publicación sólo se aborda la selección de los ejercicios con sus principales características cinéticas y cinemáticas.

Heredia Elvar y Peña García Orea, 2019 proponen la siguiente clasificación basada en un enfoque multivariable de ejercicios según:

- Región corporal implicada: hemisferio inferior, superior, CORE.
- Características motrices: simples, combinados, secuenciales.
- Acción motriz: empujes-tracciones tanto verticales como horizontales.
- Implicación y núcleo articular: cadera, rodilla, hombro, codo “dominantes”. Poli y monoarticulares.
- Plano de movimiento: sagital, transversal, frontal.
- Demandas de estabilización: externa (pasiva), interna (activa)
- Cantidad de apoyos: bilaterales simétricos, asimétricos y unilaterales.

Por otro lado, Naclerio, 2008 realiza una propuesta según nivel de especificidad biomecánica:

- Ejercicios competitivos
- Ejercicios específicos
- Ejercicios auxiliares.

A su vez, propone una subdivisión dentro de los ejercicios auxiliares (aquellos que se ejecutan en la sala de musculación) en:

- Empuje-tracción
- Secuenciales
- “Balístico-explosivos”

A su vez Schmidbleicher, 1992 subdividió a los ejercicios “explosivos” en:

- Ciclo estiramiento-acortamiento largo

- Ciclo estiramiento-acortamiento corto

Mientras tanto, González Badillo, 2016 propone una distinción entre ejercicios:

- Específicos: arrastres, trineos, cambios de dirección, saltos, etc.
- Útiles no específicos: sentadilla, cargada de fuerza, press banco, etc.

Actualmente hay una línea de investigadores como Morin, Samozino, 2016; Bosch, 2016 que proponen diferenciar entre ejercicios según el vector de aplicación de fuerza predominante:

- Vertical: sentadilla, subida al banco, sentadilla búlgara, saltos verticales, etc.
- Horizontal: trineos (Morin, Samozino), drilles horizontales, por ejemplo: "Arranque de potencia horizontal" (Bosch).

Como se puede observar la lista es extensa y en esta publicación sólo se describen características diferenciales según la clasificación propuesta por Naclerio para los ejercicios auxiliares o útiles no específicos según González Badillo: empuje-tracción, secuenciales, "balístico-explosivos" (la denominación tal vez no sea la más precisa) y la subdivisión en C.E.A. largo y corto (Schmidbleicher, 1992). Por otro lado, también se hace una reseña de ejercicios considerados específicos para algunos deportes en los que la Fuerza se aplica predominantemente en el vector horizontal: trineos, bandas elásticas de "supravelocidad", etc.

Vale aclarar que si bien todos los subtipos de ejercicios mencionados poseen un considerable componente de activación excéntrica (algunos en mayor medida que otros), en este artículo no se profundizará sobre este tipo de entrenamiento y sus respectivas variables de programación-prescripción en deportistas debido a que demandaría una publicación demasiado extensa. Sin embargo se reconoce la enorme importancia de su desarrollo en el contexto de los deportes de situación para optimizar el rendimiento y prevenir los factores de riesgo de lesión en gestos tales como sprints de distancias >20 mts, desaceleraciones post sprint, cambios de dirección, aterrizajes de saltos, etc.

Ejercicios de empuje-tracción

Son los más comúnmente utilizados para la mayoría de los objetivos: salud, estética, deporte, etc. En el ámbito del entrenamiento de Fuerza como complemento para el rendimiento deportivo se priorizan aquellos que son poliarticulares, utilizando generalmente como medio los pesos libres, es decir barras, mancuernas y peso corporal: sentadilla, peso muerto, hip thrust, dominadas, remo, press banco, press militar, etc. (aquí no se hace mención a los ejercicios poliarticulares en máquinas o monoarticulares puesto que *generalmente* no son los más beneficiosos para el desarrollo de la fuerza útil en el deporte). Durante su ejecución los núcleos articulares intervinientes se activan de forma casi simultánea, por ejemplo en sentadilla la cadera, rodilla y tobillo (Naclerio, 2008). Al utilizar distintas cargas (siempre con la máxima intención de velocidad en la acción concéntrica) se producen respuestas cinéticas y cinemáticas diferentes.

Para comprender las características cinéticas de estos ejercicios con diferentes % de 1 RM es importante diferenciar brevemente algunas de estas variables:

- *Fase de aceleración*: incremento de velocidad en unidad de tiempo (valor > 0 m/s²). Su comportamiento es antagónico a la velocidad, es decir que genera alto valor al inicio de la fase concéntrica (cuando la velocidad es baja) y a medida que transcurre el movimiento disminuye progresivamente (aumentando la velocidad) hasta alcanzar valor 0 (punto de máxima velocidad).
- *Fase de desaceleración*: comienza en el punto de máxima velocidad (cuando ya no aumenta) e implica descenso de velocidad en unidad de tiempo o aceleración negativa (0 a -9,81 m/s²).
- *Fase de frenado*: desaceleración o aceleración negativa > -9,81 m/s². La aceleración gravitatoria supera a la generada por el sistema neuromuscular, por tanto se considera que en este pequeño instante no se produce aplicación externa de fuerza, a pesar de que se genera tensión interna (formación de puentes cruzados miosina-actina).
- *Fase propulsiva*: incluye la sumatoria de aceleración (> 0 m/s²) y desaceleración (0 a -9,81 m/s²) debido a que si bien en este rango la aceleración es negativa aún supera a la gravitatoria (-9,81 m/s²), por lo que sigue aplicándose fuerza en contra de la gravedad.
- Región de "atasco" punto crítico o "sticking point". Éste constituye el momento del recorrido concéntrico en el que se produce el mayor brazo de resistencia, por tanto la máxima desventaja mecánica, lo que genera un descenso considerable de velocidad y aceleración. Al transitar por este punto la tensión interna (esfuerzo neuromuscular) es la máxima mientras que la fuerza aplicada (aceleración de la barra) es la mínima de todo el rango articular.

Comportamiento de las variables cinéticas con distintos pesos en ejercicios de empuje-tracción

- Con pesos ligeros del 30-60% de 1 RM se genera un pico de *gran aceleración* (fuerza) al inicio del recorrido

concéntrico, luego disminuye notoriamente alcanzando valor 0 (valor máximo de velocidad). El movimiento continúa por el impulso inicial o inercia desarrollada disminuyendo progresivamente la activación de la musculatura agonista (Verkhoshansky, 2000). A continuación se produce una fase de *desaceleración* (descenso de velocidad) y posterior *frenado* de la barra (González Badillo, 2010) (gráfico 1). Por ello la *fase propulsiva* (aplicación de fuerza) ocupa entre el 75% y 90% del recorrido articular, mientras el resto corresponde al *frenado* (ver gráfico 1 y 4). No se produce región de atasco debido a que la carga es muy ligera.

- Las cargas medias (>60-80% de 1 RM) producen un *menor aumento de la aceleración inicial* respecto a las cargas ligeras, con un *descenso significativo posterior* como consecuencia de pasar por la *región de "atasco"* (en sentadilla se produce cuando los muslos se encuentran paralelos al suelo). Superado este punto se genera un *segundo incremento de aceleración*, que luego desciende nuevamente, seguida de *desaceleración* y una *pequeña fase de frenado* al final del recorrido (Escamilla, 2001). La *fase propulsiva* se extiende >90% del movimiento por lo que la *de frenado será % menor* en relación a las cargas ligeras (ver gráfico 4).
- Al utilizar cargas altas (>80%) se genera baja aceleración al inicio del recorrido concéntrico, luego al pasar por el "punto crítico" esta variable disminuye considerablemente y al superarlo se produce un nuevo pico denominado *región de máxima fuerza* (ver gráfico 2). A continuación desciende nuevamente al punto de alcanzar *desaceleración* al final del recorrido, aunque a diferencia de las cargas menores *no hay fase de frenado*, es decir que la *fase propulsiva (aplicación de fuerza)* se extiende a lo largo del 100% del recorrido articular (ver gráfico 3 y 4). Estas cargas no permiten "modular" la velocidad, por lo que *la intención deberá ser máxima* para poder superar la resistencia de oposición (Naclerio, 2008).

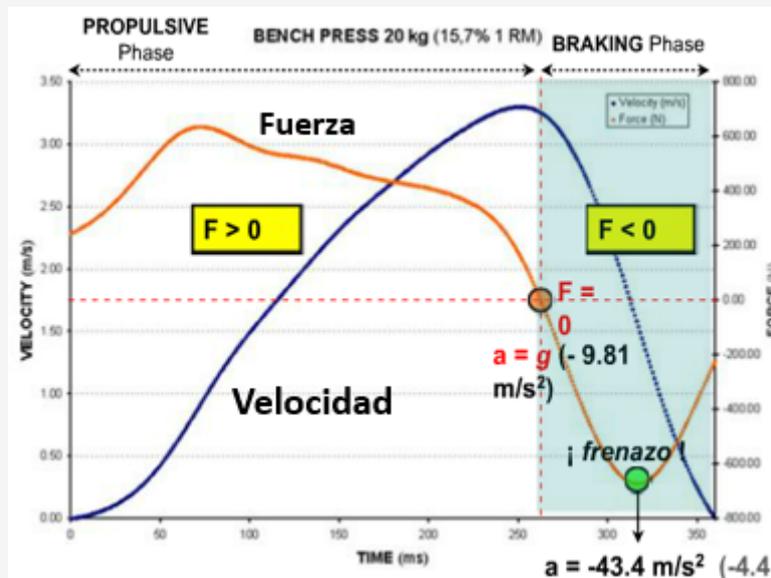


Gráfico 1. Fase propulsiva y freno en press banco con el 16% 1 RM (González Badillo, 2010)

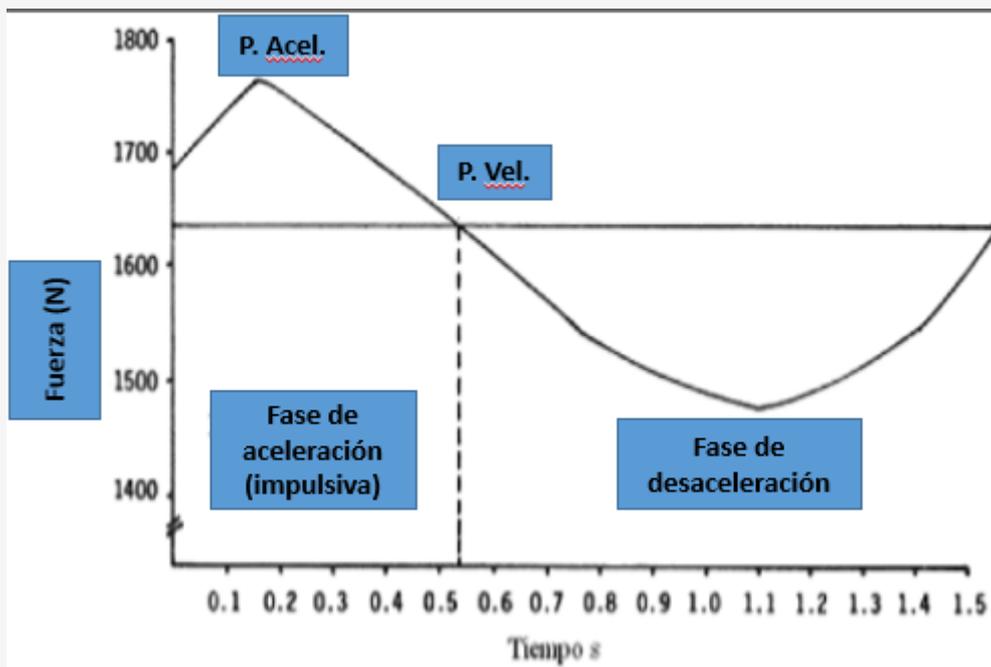


Gráfico 2. Fase propulsiva y freno en empujes con cargas ligeras (Escamilla, 2001)

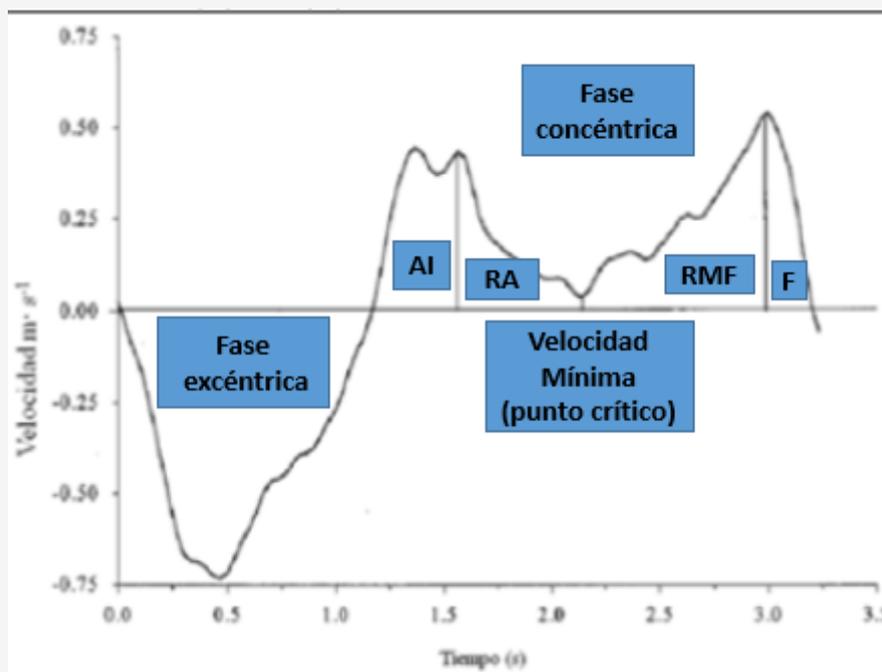


Gráfico 3. Fase propulsiva en empujes con cargas altas (Escamilla, 2001).

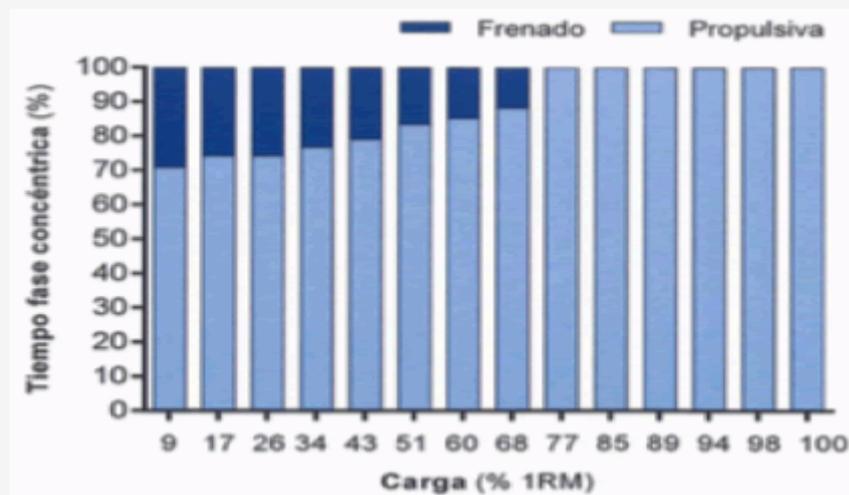


Gráfico 4. Fase propulsiva y frenado en press banco plano (González Badillo, 2008)

Comportamiento de las variables cinéticas en ejercicios de C.E.A. largo: saltos y lanzamientos

- Cuando se utilizan cargas ligeras (30-60% de 1 RM) existe la opción de realizar saltos (sin y con carga) o lanzamientos (balones medicinales, barra, etc). En estos gestos se genera un *pico de aceleración (fuerza)* muy alto al inicio de la fase concéntrica, con posterior disminución (aunque de forma menos acusada que en acciones de empuje-tracción con pesos ligeros) hasta llegar a valor 0 (punto en el que alcanza la máxima velocidad). A partir de aquí también acontece una pequeña *desaceleración* (la velocidad disminuye instantes antes de finalizar la fase concéntrica). Sin embargo la gran ventaja que tienen estas acciones con respecto a realizar sentadilla o press banco con pesos ligeros-medios es que *no se produce fase de frenado*, por tanto se aplica fuerza a lo largo de todo el recorrido articular (similar a lo que sucede con pesos >80% 1 RM). Como consecuencia la velocidad es significativamente mayor. (gráfico 5, tabla 1 y 2).

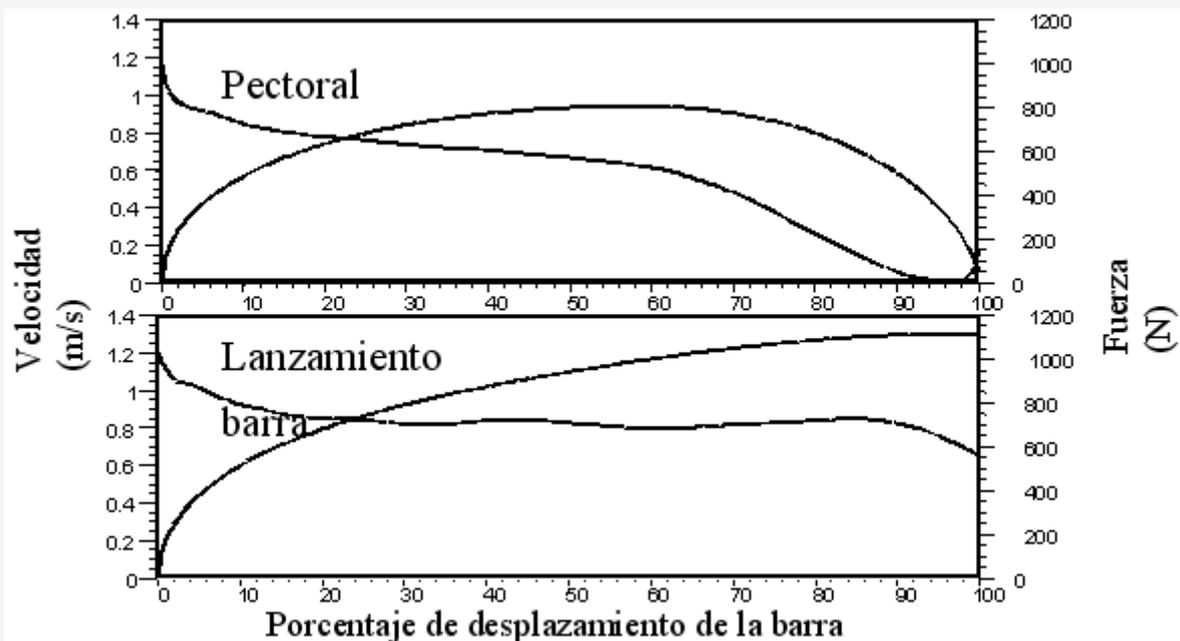


Gráfico 5. Velocidad y fuerza del movimiento a través de todo el recorrido de la barra según la forma de ejecución. Newton RU, Kraemer WJ, Häkkinen K, Humphries BJ, Murphy AJ (1996)

Tabla 1. Comparación de variables cinéticas obtenidas con encoder entre dos ejercicios: press banco y lanzamiento de la barra en un jugador de Rugby juvenil. Datos personales no publicados (2016)

Press banco plano	30 kg	40 kg	50 kg	60 kg	70 kg	80 kg	90 kg	100 kg
Potencia media impulsiva (W)	671	670	697	593	511	435	310	242
Velocidad media impulsiva (m/s)	1,33	1,17	1,04	0,84	0,67	0,51	0,34	0,24
Fuerza media impulsiva (N)	569	649	744	757	801	869	926	1009
Lanzamiento de barra	30 kg	40 kg	50 kg	60 kg				
Potencia media impulsiva (W)	790	789	816	730				
Velocidad media impulsiva (m/s)	1,57	1,3	1,18	0,97				
Fuerza media impulsiva (N)	573	675	766	812				

Tabla 2. Comparación de variables cinéticas obtenidas con encoder entre dos ejercicios: sentadilla y salto vertical con contramovimiento en un futbolista profesional. Datos personales no publicados (2016).

Sentadilla paralela	p.c.	20 kg	40 kg	60 kg	80 kg	100 kg	120 kg
Potencia media impulsiva (W)	1335	1632	1484	1322	1209	968	563
Velocidad media impulsiva (m/s)	1,26	1,19	1	0,83	0,69	0,5	0,27
Fuerza media impulsiva (N)	1156	1459	1527	1635	1749	1863	1934
Salto con contramovimiento	p.c.	20 kg	40 kg	60 kg			
Potencia media impulsiva (W)	2878	2541	2054				
Velocidad media impulsiva (m/s)	1,85	1,6	1,21				
Fuerza media impulsiva (N)	1703	1701	1759				

Como se puede observar en la tabla 1, al comparar las cargas comunes a ambos ejercicios, el lanzamiento produjo valores de Fuerza, Potencia y Velocidad mayores al press banco. Lo mismo sucedió al medir sentadilla paralela y el salto vertical con contramovimiento, incluso el salto con 40 kg externos generó valores de Fuerza (N) similares a la sentadilla paralela con 80 kg externos. Esto se debe a que si bien la masa externa en el salto fue menor (40 kg) a la sentadilla, la mayor aceleración provocada por este gesto determinó similares valores de Fuerza aplicada (tabla 2).

Características de las acciones de C.E.A. largo:

- Consisten en encadenar secuencialmente y a alta velocidad la activación excéntrica, isométrica y concéntrica respectivamente.
- Presentan un rango de movimiento considerable. En el caso de los saltos verticales la articulación principalmente involucrada es la rodilla. Por tanto la musculatura agonista principal es el cuádriceps y el tendón encargado de acumular energía elástica durante la fase excéntrica es el rotuliano. Mientras la articulación coxo-femoral posee un mayor protagonismo en los saltos horizontales.
- No se produce pre-activación muscular debido a que no hay fase de vuelo previa.
- El principal mecanismo fisiológico potenciador del rendimiento en la fase concéntrica pareciera ser la acumulación de energía elástica en el componente elástico en serie (tendón y titina) con su posterior utilización a nivel sarcomérico, mientras que el reflejo miotático de tracción fásico tendría una participación secundaria.
- Se genera cierto grado de stiffness (rigidez músculo tendinosa) en la fase excéntrica. Esta propiedad refiere a la resistencia de un cuerpo a ser deformado (relación entre la tensión y la deformación): a mayor tensión y menor deformación, mayor rigidez. Durante la acción excéntrica se produce un estiramiento muscular “resistido” (activación muscular) que incrementa la rigidez favoreciendo el comportamiento viscoelástico del músculo, es decir el rápido retorno a su longitud inicial luego del estiramiento, lo que incrementa el nivel de fuerza producido en la fase concéntrica.
- La actividad electromiográfica (EMG) es mayor durante la fase concéntrica que en la excéntrica.
- El tiempo de aplicación de fuerza supera los 250 ms (Schmidbleicher, 1992), por lo que algunos autores los consideran saltos “lentos” comparados a los de C.E.A. corto.
- Alcanzan valores de fuerza superiores (con menor tiempo de aplicación) a los ejercicios de empuje cuando se comparan las mismas cargas, es decir mayor RFD (producción de fuerza en unidad de tiempo).

Características de las acciones de C.E.A. corto:

- Como se mencionó anteriormente, ejemplos de ellas son: la fase de contacto durante el sprint, algunos cambios de dirección (ángulos abiertos), multisaltos, saltos entre vallas, drop jumps, etc.
- Presentan un pequeño rango de movimiento. En el caso de los saltos la articulación principalmente involucrada es el tobillo. Por tanto la musculatura agonista principal es el tríceps sural y el tendón encargado de acumular energía elástica durante la fase excéntrica es el de Aquiles.
- Se produce pre-activación muscular antes del contacto con el suelo (en fase de vuelo).
- Los principales mecanismos fisiológicos potenciadores del rendimiento en la fase concéntrica son: la pre-activación muscular, la acumulación-utilización de energía elástica y el reflejo miotático de tracción fásico.
- La rigidez-stiffness músculo-tendinosa supera a la producida en las acciones de C.E.A. largo debido a que la pre-activación muscular se agrega a los mecanismos fisiológicos encargados de incrementarla.
- En consecuencia la actividad eléctrica muscular en fase excéntrica supera a la generada en la acción excéntrica.
- El tiempo de aplicación de fuerza es inferior a 250 ms (Schmidbleicher, 1992), por lo que algunos autores los consideran saltos más “explosivos” al compararlos a los de C.E.A. largo.
- En general alcanzan valores de fuerza superiores y a su vez menor tiempo de aplicación respecto a las acciones de C.E.A. largo. Mayor RFD.
- Durante la fase excéntrica (cuando el pie contacta el suelo) se genera un descenso de velocidad para absorber el peso, mientras que la fuerza aumenta. En la acción concéntrica (propulsión) la velocidad y la fuerza se incrementan (Komi, 1992).
- Se generan altos niveles de co-activación muscular. Kyrolainen, Avela y Komi, 2005 encontraron una considerable activación tanto del vasto lateral (cuádriceps) como del bíceps femoral (isquiotibiales) en las fases de pre-activación, activación excéntrica, isométrica y concéntrica durante el sprint lineal.

Ejercicios secuenciales y sus principales características

En este grupo se encuentran los ejercicios de levantamiento olímpico: Arranque, Cargada, Segundo tiempo, Envión completo y sus derivados. Estos presentan algunas características distintivas que se describen a continuación:

- La activación de los distintos grupos musculares y el movimiento de extensión en sus respectivas articulaciones se produce de forma secuencial, comenzando por los núcleos articulares proximales (tronco y cadera), transfiriéndose luego a los distales (rodilla y finalmente tobillo). Esto permite que la velocidad aumente casi hasta el final de la fase concéntrica (aceleración sostenida), produciendo una pequeña desaceleración al final. Similarmente a los ejercicios de C.E.A. largo o a los de empuje con cargas >80% no poseen fase de frenado, por lo que todo el movimiento es propulsivo (aplicación de fuerza).
- La velocidad media propulsiva que se alcanza con 1 RM (entre 0,9 y 1 m/s según el ejercicio) es significativamente mayor a la producida por los ejercicios de empuje tradicionales (entre 0,33 y 0,15 m/s) (González Badillo, 2010). Esto determina que con porcentajes del 80-90% de 1 RM las velocidades sean altas (cercas a 1 m/s).
- La máxima RFD se produce durante el segundo tirón, es decir durante la fase concéntrica cuando la barra supera la rodilla, al pasar por el muslo medio. Esta es una diferencia sustancial al compararlos con los gestos de empuje como la sentadilla o los saltos verticales, en los que la mayor pendiente de la curva fuerza-tiempo (RFD máx) se produce en la fase isométrica, previa al movimiento concéntrico (González Badillo, 2019).

Comparación de variables cinéticas en los distintos ejercicios

Cormie, 2007 midió con encoder lineal y plataforma dinamométrica simultáneamente a deportistas muy entrenados en Fuerza en tres ejercicios: sentadilla, saltos con contramovimiento y cargada de potencia, utilizando % crecientes de 1 RM, desde cargas muy ligeras (30%) hasta muy altas (85%). Las variables medidas fueron fuerza, potencia y velocidad pico. Los resultados más importantes fueron los siguientes:

- Fuerza pico (N): se incrementó a medida que la carga fue mayor en los tres ejercicios. Al comparar cada % de 1 RM el salto vertical superó a la sentadilla y la cargada de potencia. El valor más alto se produjo en el salto vertical con el 85% de 1 RM lo que resulta lógico debido a que al finalizar la acción concéntrica despegando del suelo se evitó la fase de frenado que propia de la sentadilla con cargas <80%, por lo que la aceleración para la misma masa fue mayor obteniendo así más fuerza aplicada. Es muy importante aclarar en este punto que en este trabajo se disponía de un dispositivo que posibilitaba realizar el aterrizaje sin la carga externa, puesto que la barra quedaba suspendida luego de alcanzar la máxima altura. Esto facilitó la realización de saltos con semejantes pesos. Lo “sorprendente” fue que el salto sin carga externa registró niveles de fuerza pico (2000 N) similares a sentadilla y cargada con el 42 % de 1 RM, mientras que los valores del salto con el 56% también estuvieron muy próximos a sentadilla y cargada con el 85% (gráfico 6). Por tanto, no es correcto afirmar que el ejercicio de miembros inferiores que mayor valor de “fuerza máxima” (N) produce es la sentadilla >85% 1 RM. Tampoco sería lo más

apropiado graficar la curva fuerza-velocidad comparando ejercicios diferentes: frecuentemente se publican gráficos en los que se sitúa a los ejercicios de saltabilidad (C.E.A. largo-corto) en el extremo de alta velocidad con baja producción de fuerza y otros como la sentadilla (>80% 1 RM) en el extremo de alta fuerza-baja velocidad (gráfico 7). La relación entre fuerza y velocidad sólo es inversamente proporcional en acciones concéntricas al comparar distintas cargas del mismo ejercicio, por ejemplo: la sentadilla al 85% 1 RM genera mayor fuerza y menor velocidad que cuando se utiliza el 30%. El mismo ejemplo es aplicable a otros gestos como los levantamientos olímpicos, los saltos, etc. Cuando la carga a superar es la misma, la relación fuerza-velocidad es directamente proporcional: mayor fuerza aplicada a una masa generará como consecuencia que ésta se desplace a más velocidad.

Un estudio realizado por Cappa (2011) también demostró que algunos ejercicios generan no sólo más fuerza sino también mayor velocidad respecto a otros. El autor de este trabajo midió con plataforma dinamométrica un mismo sujeto al realizar saltos entre vallas (C.E.A. corto) y sentadilla con la carga de 1 RM (110 kg), encontrando que la Fuerza (N) fue muy superior y el tiempo de aplicación significativamente menor (mayor velocidad) en el primer ejercicio. (tabla 3)

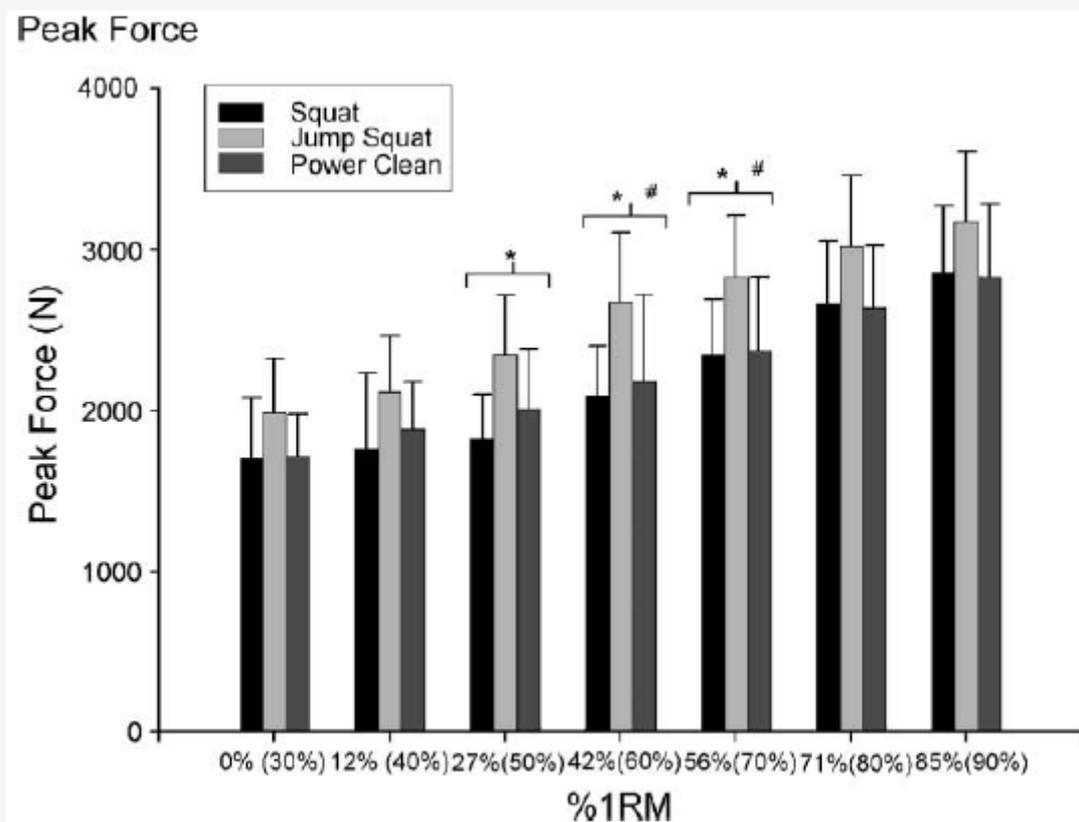


Gráfico 6. Comparación de la Fuerza pico (N) con distintos % de 1 RM en cargada, saltos con contramovimiento y sentadilla (Cormie, 2007)

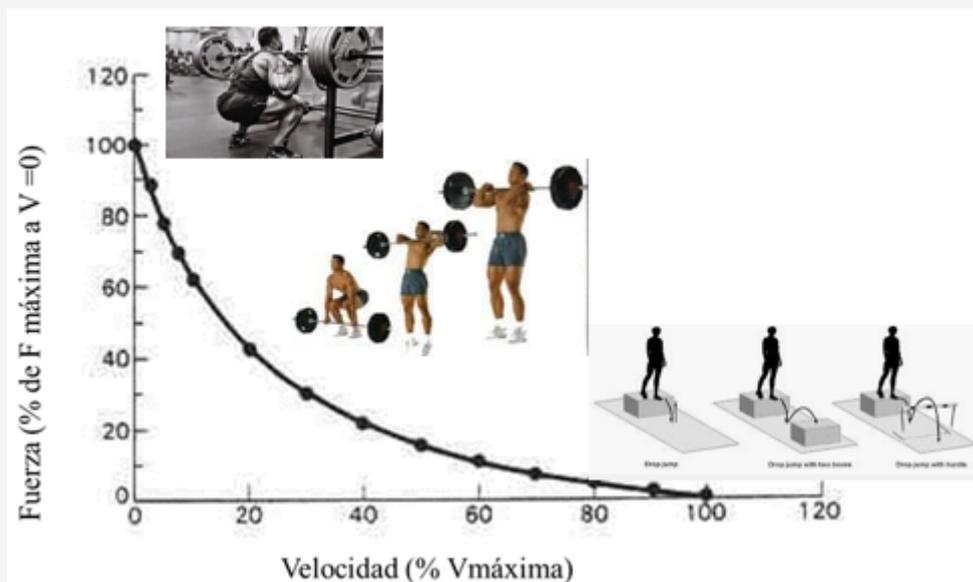


Gráfico 7. Figura tradicional de distintos ejercicios y su ubicación en la curva fuerza-velocidad

Tabla 3. Comparación de la Fuerza pico (N) y tiempo de aplicación (seg) en sentadilla y saltos entre vallas (Cappa, 2011).

Variable	Saltos entre vallas	Sentadilla
Peso externo	0	110 kg
Fuerza pico (N)	3400	2060
Tiempo (seg)	0,164	4,3

- Velocidad pico (m/s): el ejercicio que mayores valores obtuvo en estas variables al comparar cargas ligeras fue el salto vertical, mientras que con cargas >56% de 1 RM la cargada de potencia generó los niveles más altos. Mientras tanto la sentadilla produjo los valores más bajos con todas las cargas (gráfico 8).

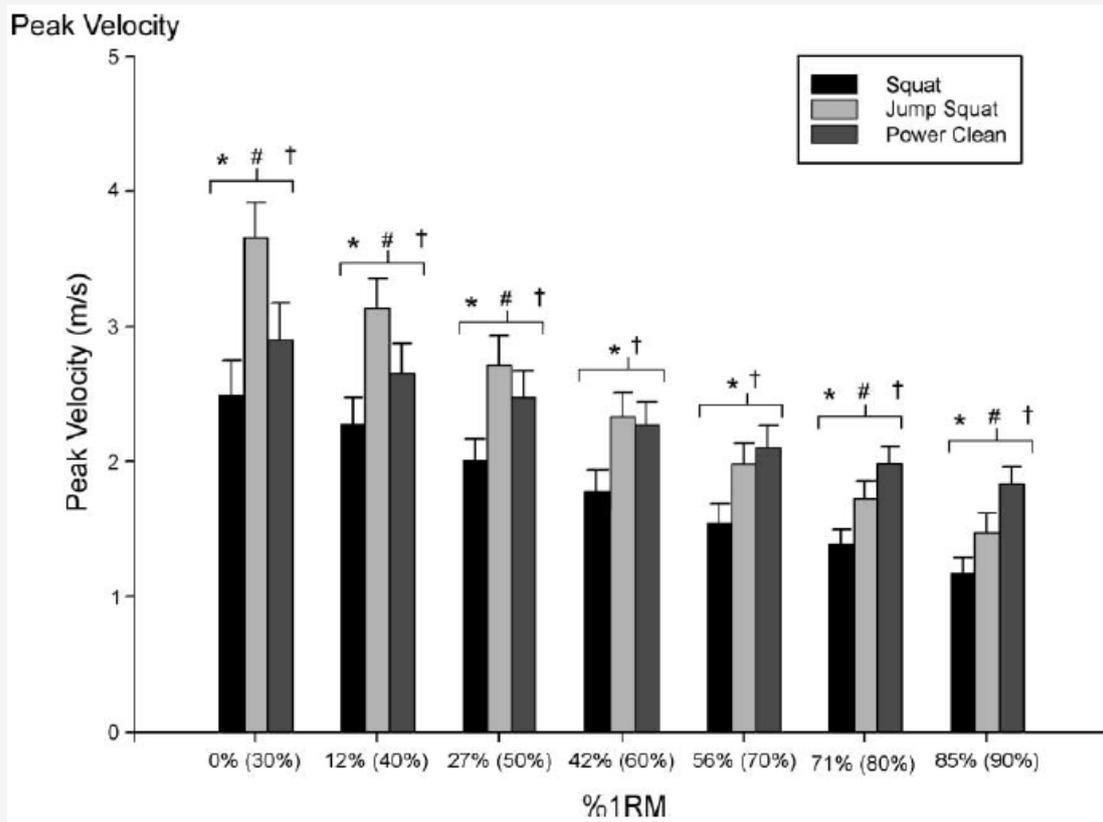


Gráfico 8. Comparación de la Velocidad pico (m/s) con distintos % de 1 RM en cargada, saltos con contramovimiento y sentadilla (Cormie, 2007)

- Potencia pico (W): el ejercicio que obtuvo los valores más altos con cargas ligeras-medias fue el salto vertical, mientras que con pesos >70% de 1 RM la cargada de potencia generó los mayores registros en Watts. La sentadilla produjo menos potencia con todas las cargas. Un dato importante es que la cargada produjo la mayor potencia (al compararse consigo misma) con cargas altas, lo que coincide con otros estudios (Naclerio 2008, González Badillo 2001). Esto se produce debido a que en ejercicios secuenciales los altos porcentajes de 1 RM permiten altas velocidades (en los gestos de empuje los % altos generan velocidades bajas). A partir de esto es muy común escuchar enunciados tales como “los ejercicios olímpicos son los que más potencia generan”. Evidentemente la afirmación no es correcta y lo “asombroso” es que al comparar todos los ejercicios con las distintas cargas el que más potencia produce es el salto vertical sin carga externa añadida (gráfico 9), (lo que no significa en absoluto que sea el mejor ejercicio, ni que haya que eliminar a la sentadilla por producir los menores valores de potencia, sólo que deberíamos llamar a las cosas por su nombre, basándonos en datos proporcionados por la evidencia científica).

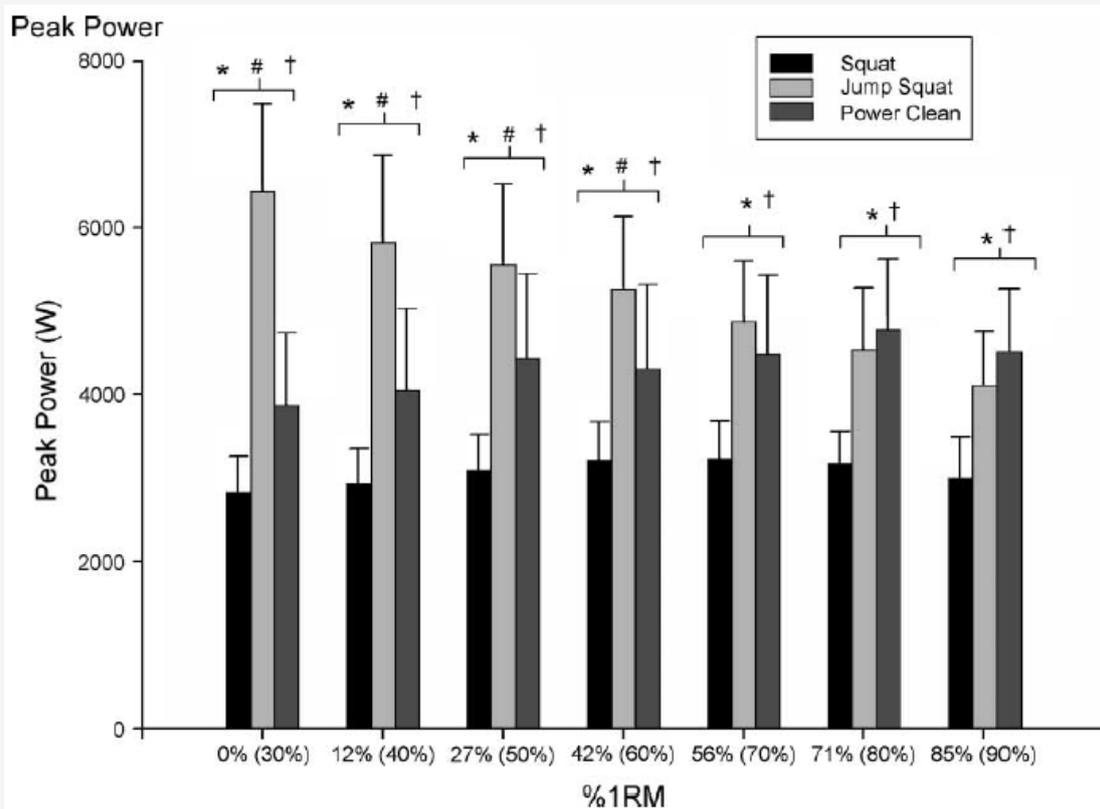


Gráfico 9. Comparación de la Potencia pico (W) con distintos % de 1 RM en cargada, saltos con contramovimiento y sentadilla (Cormie, 2007)

Ejercicios en vector horizontal

Con respecto a este último grupo de ejercicios sólo se describirán dos de ellos: la utilización de trineos o arrastres y una especie de “híbrido” que combina una estocada hacia atrás con un salto horizontal monopodal. Este último no tiene una denominación debido a que surgió como una propuesta personal en el año 2018 y, habiendo realizado una intensa búsqueda en la bibliografía, no se encontró como tal.

No se hace referencia en este apartado a la batería de ejercicios con componente horizontal propuestos por Bosch (2016), como tampoco a los driles de velocidad acíclica y tareas de agilidad propuestos por distintos autores como: Acero-García Manso-Navarro Valdivielso-Ruiz Caballero (1998), Williams (1999), Plisk (2000), Young (2002), Vizuete (2004), Brown (2007), Dempsey (2009), Jeffreys (2005), Sheppard (2006), Vescovi (2008). En relación a esta última temática se sugiere la revisión publicada recientemente en www.g-se.com “Bases para el Desarrollo de la Agilidad y los Cambios de Dirección como Elementos Específicos para la Mejora del Rendimiento y la Prevención de Lesiones en Deportes Colectivos” (Moyano, Peña García Orea, Heredia Elvar, 2020).

Trineos o arrastres

Los ejercicios con trineos o arrastres son muy populares desde hace bastante tiempo en deportes cuyo “vector” de fuerza posee un alto componente horizontal, por ejemplo: pruebas de velocidad en Atletismo, Fútbol, Rugby, etc. Su principal utilidad radica en la especificidad biomecánica asociada a las acciones de sprint propias de estos deportes. La adaptación postulada es el incremento de la Fuerza en dirección horizontal, lo que se traduce en un potencial efecto de *transferencia* que se evidencia en una mejora en la fase de aceleración del sprint lineal (primeros 20 mts).

Tradicionalmente las recomendaciones durante muchos años coincidieron en que las cargas más adecuadas para este entrenamiento debían ser aquellas que generaran un descenso de velocidad no superior al 10-15% con respecto a la velocidad promedio (sin carga externa) para una distancia determinada. Por ejemplo, si en un test de sprint (15 mts con partida detenida) se obtuviera un tiempo de 3 segundos, la carga propuesta sería aquella que genere un incremento en el tiempo de un 10% (3,3 segundos). Según varios autores dicha disminución se produce con un rango de cargas equivalentes al 10-20% del peso corporal aproximadamente. Este umbral o “punto de corte” (en cierta forma arbitrario) del 10% de

descenso de velocidad se sustentó en la hipótesis de que la utilización de pesos más altos, con el concomitante mayor detrimento de velocidad, generarían como efecto adaptativo una distorsión en la técnica y cinemática de la carrera, atentando así contra el rendimiento.

Sin embargo, en los últimos años investigadores como Morin, Samozino (2016) comenzaron a proponer la utilización de trineos con cargas muy pesadas, incluso llegando al 80% del peso corporal o más. La justificación se basa en que tales pesos “obligan” al deportista a acentuar la inclinación del cuerpo hacia adelante en los primeros metros del sprint, lo que determina mayor eficiencia mecánica, es decir una técnica más eficiente. Cabe mencionar que durante la carrera de velocidad las fuerzas de reacción del suelo (GRF) son: vertical, horizontal y medio-lateral. A partir de ellas se obtiene la fuerza resultante. Según lo que propone esta línea de autores, si bien la GRF total es importante en los primeros metros del sprint, más determinante aún es el porcentaje de ésta correspondiente a la fuerza horizontal. Por tanto, para mejorar el rendimiento de aceleración lo prioritario será incrementar dicho porcentaje (disminuyendo la contribución de la Fuerza vertical). Esta adaptación dependería no tanto de una mejora del componente condicional (Fuerza) sino principalmente, aunque no de forma exclusiva, de factores coordinativos (técnica) asociados a la capacidad de inclinar más acentuadamente el cuerpo hacia adelante, posibilitando una posición más favorable para el empuje hacia atrás del pie contra el suelo. El entrenamiento con trineos pesados cumple con este propósito en relación a la eficiencia mecánica.

El porcentaje que representa la fuerza horizontal respecto a la GRF total se ha denominado ratio de fuerza (RF) (Morin, Samozino, 2016). Cuanto más alto sea este valor porcentual (>50% puede considerarse adecuado en deportistas de equipo) en los primeros metros de la carrera, mayor será la eficiencia mecánica, optimizando así el rendimiento en la fase de aceleración inicial. El RF va disminuyendo indefectiblemente a medida que aumenta la velocidad debido a que el cuerpo tiende a verticalizarse de forma progresiva, lo que implica una disminución de la eficiencia al momento de aplicar fuerza al suelo. El cálculo del descenso del RF se ha denominado disminución en el ratio de fuerza (DRF) y se obtiene a partir de cuantificar el porcentaje de descenso en la RF por cada m/s de incremento de velocidad durante la fase de aceleración (hasta alcanzar la velocidad máxima). Un valor bajo de DRF% (cercano al 5%) significa que el/la deportista es capaz de prolongar la fase de aceleración durante una distancia mayor debido a que mantiene elevada (ligero descenso) su capacidad de aplicar fuerza horizontal a medida que aumenta la velocidad. Mientras que valores altos de esta variable (próximos al 10%) indican lo contrario: el porcentaje de contribución de la Fuerza horizontal a la GRF total disminuye significativamente a medida que aumenta la velocidad, reflejando una importante limitación para extender la fase de aceleración por más tiempo producto del deterioro progresivo de la eficiencia mecánica (rápida tendencia del cuerpo a posicionarse verticalmente).

Durante muchos años se enfatizó en la importancia del incremento en la frecuencia y longitud de zancada para la optimización del rendimiento de aceleración. Actualmente se postula que si bien es un aspecto importante, la frecuencia de zancada sería secundaria a la RF y DRF ya que la variable más influyente sobre el rendimiento no es la velocidad de movimiento de las piernas en el aire (donde no hay aplicación de fuerza) sino que tan eficiente es el/la deportista al momento de aplicar fuerza contra el suelo direccionándola horizontalmente.

No existe aún consenso absoluto respecto a los beneficios de la utilización de trineos pesados para la mejora de la aceleración de sprint. Un estudio reciente de Pareja-Blanco y Loturco (2020) midió los efectos agudos en distintas variables cinemáticas al realizar aceleraciones de 5, 10 y 20 mts utilizando trineos con cargas equivalentes al 20, 40, 60 y 80% del peso corporal, encontrando que se produjeron alteraciones significativas en la longitud de zancada (descenso), ángulo de cadera, rodilla y tobillo. Este estudio concluye que las cargas más ligeras del trineo (<40% p.c.) parecen ser más adecuadas para mejorar la capacidad de velocidad sin provocar cambios drásticos en la técnica de velocidad sin carga, mientras que las cargas más pesadas pueden ser más adecuadas para optimizar la producción de fuerza horizontal y, por lo tanto, el rendimiento de aceleración.

La primera conclusión: “cargas <40% serían adecuadas porque no modifican la técnica respecto al sprint sin carga” debería interpretarse con cautela, debido a que se hace referencia a un efecto agudo (durante la ejecución del sprint con trineos pesados). Ahora bien, en todo caso lo importante sería determinar si la utilización de tales cargas genera como efecto adaptativo (crónico) una alteración de la técnica y en el peor de los casos un empeoramiento en el tiempo para recorrer una determinada distancia. Si se modifican las variables cinemáticas intra-ejercicio (lógico de trasladar pesos altos) sin que haya cambios al esprintar sin carga al cabo de un proceso de entrenamiento y sumado a esto se produce una mejora del tiempo en recorrer una determinada distancia, entonces bienvenida sea esta propuesta.

Incluso si producto de un proceso de entrenamiento se generan modificaciones en distintas variables cinemáticas del sprint (que no promuevan mecanismos de lesión) y mejora el tiempo en recorrer una determinada distancia: ¿qué tan contraproducentes serían tales cambios?

De hecho, Bezodis, Hakkinen, Morin (2019) encontraron en futbolistas profesionales finlandeses que el entrenamiento de trineos con cargas que generaban descensos del 50% y 60% de velocidad respecto al sprint sin peso (90 y 120% p.c. en

promedio respectivamente), no generó (como efecto adaptativo) alteraciones significativas en las distintas variables cinemáticas al comparar filmaciones del sprint sin carga pre-post proceso de entrenamiento de 9 semanas, a la vez que se obtuvieron mejoras en el rendimiento durante la fase de aceleración temprana (RF) de la carrera a máxima velocidad. A partir de los datos obtenidos, estos autores concluyen que el entrenamiento de trineos en un rango de disminución de velocidad del 45-65% respecto al sprint sin carga (>80% p.c.) en distancias <20 mts, realizando 3-5 repeticiones (20 min totales por sesión), con una frecuencia de dos veces por semana podría ser beneficioso para mejorar la fase de aceleración del sprint en futbolistas, sin que los entrenadores deban preocuparse por los posibles efectos adversos de la técnica-cinemática del sprint. Finalmente indican que la utilización de trineos con cargas muy pesadas podría no ser una estrategia eficaz para todos los integrantes de un equipo, ya que quienes tienen un perfil muy orientado hacia la aceleración inicial (eficientes en los primeros metros del sprint), podrían no beneficiarse de este entrenamiento debido a que poseen un pequeño umbral de mejora en dicha capacidad. Para ello proponen la medición del perfil fuerza-velocidad del sprint (explicado en el artículo 1) a través de radar o la app My sprint y a partir de la información obtenida caracterizar a los jugadores en función de sus fortalezas y debilidades para luego realizar propuestas individualizadas.

Sumado a esto, la utilización de ratios-cocientes entre la velocidad máxima/velocidad promedio 0-5 o 0-10 mts (decritos en la parte I) contribuye a identificar el perfil del deportista.

En contraposición a lo desarrollado por estos autores, Metral (2016) propuso que los deportistas de equipo se adaptan mejor a los entrenamientos para los que su genotipo está mejor diseñado. Desde este paradigma, quienes sean muy eficaces-eficientes en los primeros metros del sprint deberían entrenar con el objetivo de potenciar la fase de aceleración, ej: trineos pesados; mientras que quienes poseen mayor aptitud para desarrollar alta velocidad en distancias largas obtendrían mayores beneficios al realizar sprints de distancias >20-30 mts, trineos ligeros, carreras asistidas con bandas, saltabilidad con C.E.A. corto, ejercicios de empuje en vector vertical, etc.

Desde el punto de vista personal ambos enfoques son coherentes y tienen su lógica: cuando se posee un pobre desarrollo en una determinada capacidad, el potencial de mejorarla es alto. Como contrapunto, el componente genético es clave a la hora de facilitar las adaptaciones al entrenamiento.

Otro criterio (posiblemente el más determinante a la hora de tomar este tipo de decisiones), consiste en seleccionar las variables de programación y prescripción que mayor transferencia generen sobre las demandas del deporte, puesto y función de forma individualizada, independientemente de las dos mencionadas anteriormente (sin dejar de considerarlas). A modo de ejemplo: posiblemente no tendrá mucho sentido el entrenamiento de la velocidad en distancias >20 mts en un futbolista que se desempeña como volante central debido a que rara vez el juego le demandará aceleraciones que superen los 10 mts. Sin embargo, este tipo de entrenamiento puede resultar muy efectivo para un defensor lateral (dependiendo del modelo de juego del equipo). Mientras tanto, la selección de ejercicios (y su correcta dosificación) orientados al desarrollo de la aceleración en los primeros metros serán beneficiosos para la gran mayoría de los deportistas.

Estocada hacia atrás + salto horizontal monopodal

Este ejercicio comienza con un contramovimiento (fase excéntrica) similar al inicio de estocada con paso hacia atrás y posteriormente el pie delantero realiza un empuje (fase concéntrica) para efectuar un salto horizontal (hacia adelante) a la máxima velocidad posible (gráfico 10). Según el tipo de activación y vector predominante se encontraría entre los ejercicios de C.E.A. largo y horizontal respectivamente.

Para aquellos deportes en los que es determinante la fase de aceleración del sprint, su ejecución (en opinión de quien escribe) ofrece los siguientes beneficios:

- No requiere equipamiento adicional (barra, mancuernas, discos, cajones, etc), lo que posibilita realizarlo en cualquier lugar, ej: aire libre.
- Posee alta similitud biomecánica con los primeros pasos del sprint desde partida detenida.
- Presenta un alto componente de fuerza horizontal (salto hacia adelante).
- Efectúa el empuje con un pie (gesto monopodal).
- Se genera la acción de triple extensión articular con la pierna que realiza el empuje (cadera, rodilla y tobillo), formándose un ángulo aproximado de 45° entre miembro inferior y el suelo (similar a la acción propulsiva durante los primeros pasos del sprint).
- No se produce fase de frenado al final del movimiento concéntrico (propia de los ejercicios con cargas ligeras en ausencia de fase de vuelo). Esto permite generar mayor valor de Fuerza (Potencia y Velocidad) que cuando se ejecuta el movimiento sin despegar del suelo.
- Seguridad: presenta muy bajo riesgo lesivo al realizarse en una superficie de apoyo estable (terreno de entrenamiento) y sin elementos externos desestabilizantes. A su vez, la aplicación de fuerza de forma monopodal genera altas demandas neuromusculares de estabilización interna.
- La técnica de ejecución es muy simple, por lo que el aprendizaje demanda muy poco tiempo.



Gráfico 10. Ejecución de la estocada atrás + salto horizontal monopodal con pierna izquierda.

¿Existen ejercicios mejores que otros? ¿Los dosificamos adecuadamente?

La respuesta a la primera pregunta podría ser muy amplia según se consideren determinadas variables relacionadas a la Fuerza: nivel de desarrollo alcanzado actualmente por el/la deportista, demandas del deporte-puesto-función, formas en las que se manifiesta: vectores, tipo de activación muscular predominante, tiempo disponible, ángulos de aplicación, resistencia a superar, etc.

Lo que está claro es que algunos ejercicios son específicos, por su nivel de correspondencia dinámica con los gestos deportivos, mientras que otros, aunque inespecíficos, son considerados útiles (González Badillo, 2016) debido a que si bien no poseen similitud biomecánica con ciertas acciones deportivas han demostrado generar transferencia a las acciones específicas. Este efecto adaptativo se produce cuando el incremento de la Fuerza en ciertos ejercicios utilizados en el entrenamiento conlleva mejoras (medibles-cuantificables) del rendimiento en gestos específicos a pesar de no haberlos entrenado, por ejemplo: si durante diez semanas de entrenamiento en sentadilla se genera una mejora de la velocidad media propulsiva con las cargas comunes en el 2do test y concomitantemente aumenta la altura del salto vertical, a pesar de no haberlo entrenado, se habrá producido el tan deseado efecto de transferencia (González Badillo, 2016). En relación a este aspecto frecuentemente se sugiere que el entrenamiento debe ser específico (desde la teoría del vector de fuerza) para generar esta adaptación, principalmente en deportistas altamente entrenados; de hecho es muy frecuente encontrar en algunas publicaciones enunciados tales como *“los ejercicios de fuerza horizontal poseen más transferencia al sprint que los realizados en vector vertical”*. En caso de que tal efecto no se mida-cuantifique será una hipótesis-conjetura (con un nivel considerable de lógica), mientras que *para afirmar esto con certeza* debería diseñarse un trabajo en el que se comparen dos grupos de entrenamiento con protocolos diferentes: “Fuerza horizontal” vs “Fuerza vertical” y realizar mediciones pre-post en aquellas variables objeto de transferencia: CMJ, sprint lineal, sprint con cambio de dirección, etc.

La especificidad incluye muchos aspectos: fisiológico, cinemático, metabólico, neuromuscular, etc. Cuando el criterio para determinar la especificidad se basa en el grado de similitud biomecánica entre el ejercicio de entrenamiento y el gesto deportivo es cierto que algunos cumplen en mayor medida con este requisito. Ahora bien: ¿esto justifica *desacreditar* la utilización de otros que han demostrado (lógicamente cuando la dosis utilizada es la adecuada) generar beneficios para el deporte?

En respuesta a esta pregunta varios estudios compararon el efecto de transferencia sobre gestos específicos (aceleraciones, saltos, carreras con cambios de dirección, etc) al entrenar con sentadillas, saltabilidad, pliometría, derivados de levantamiento olímpico, trineos, etc. Generalmente coinciden en que el ejercicio que menor beneficio produjo en las acciones medidas fue la sentadilla, sin embargo al indagar sobre los protocolos utilizados resulta que la dosis más frecuentemente programada han sido intensidades >80% de 1 RM y volúmenes de 3-6 RMs, lo que comúnmente conoce

como “Fuerza máxima”, es decir alcanzando el fallo muscular o bien muy próximo al mismo. En los siguientes párrafos se citará evidencia científica actual de que el entrenamiento con ejercicios de empuje y tracción en los que se ejecuta el máximo o casi máximo número de repeticiones posibles en la serie lejos está de ser el que mayores beneficios produce en las acciones deportivas que se desarrollan a alta velocidad gestual.

Entonces, como se mencionó en la introducción de este artículo: el problema no es el ejercicio per sé, sino su adecuada dosificación!

Variables de programación del entrenamiento de Fuerza: selección de la intensidad y volumen según el tipo de ejercicio

Las variables de programación del entrenamiento de la Fuerza incluyen los componentes de la dosis de entrenamiento: intensidad, volumen, densidad, frecuencia, ejercicio y método utilizados. En este apartado sólo se hará referencia a la intensidad y el volumen de entrenamiento para que la publicación no sea demasiado extensa.

Intensidad en ejercicios de empuje-tracción

Representa el grado de esfuerzo alcanzado por cada unidad de acción en cada serie, ejercicio o unidad de entrenamiento. Es la relación entre el grado de esfuerzo desarrollado respecto a la capacidad de rendimiento actual del sujeto en cada unidad de acción o repetición (Heredia Elvar, Peña García Orea, 2019).

Tradicionalmente se ha utilizado (y se sigue utilizando) como “gold standard” de esta variable la 1 RM y sus distintos %, con las limitaciones ya mencionadas en el artículo I.

Sin embargo, a pesar de su menor popularidad, el indicador más preciso y fiable es la velocidad media propulsiva (VMP) de la repetición más rápida de la serie (con cargas ligeras-moderadas y sujetos inexpertos en muchas ocasiones no es la primera). Se sabe que, según el ejercicio, cada % de 1 RM posee su propia VMP independientemente del nivel de desarrollo de fuerza del/la deportista (con ligeras variaciones). Por ejemplo: si el sujeto A posee una RM en sentadilla completa de 150 kg y B de 100 kg, es muy probable que desplacen a una VMP de 1 m/s 90 y 60 kg respectivamente (ambas cargas representan el 60% de la 1 RM). Por tanto, conociendo la VMP de la repetición más rápida de la serie se puede estimar con alto grado de precisión el porcentaje que representa la carga en ese momento. Si se cuenta con un encoder que permita medir adecuadamente esta variable no tendrá sentido continuar programando el entrenamiento en función de porcentajes de 1 RM, sino que lo correcto será seleccionar la VMP de la repetición más rápida como variable de intensidad. Por ejemplo si se desea programar la sesión con el 70% de la 1 RM en sentadilla completa el procedimiento consiste en elegir el peso que se desplaza a 0,84 m/s. de VMP, en cambio si el ejercicio elegido es el press de banco, para el mismo porcentaje se seleccionará aquel peso que se desplace a 0,64 m/s.

En este punto es pertinente aclarar una situación particular para la sentadilla: la VMP para cada porcentaje de 1 RM difiere también en función de la amplitud del desplazamiento a realizar. De esta manera, para cada porcentaje de 1 RM la VMP será algo mayor en sentadilla completa respecto a media sentadilla (Balsalobre-Fernández, 2017) (González Badillo, 2017) (tabla 4).

Tabla 4. VMP para cada porcentaje de 1 RM en sentadilla completa (González Badillo, 2017) y media sentadilla (Balsalobre-Fernández, 2017)

% 1 RM	Sentadilla	Media sentadilla
40%	1,28	1,05
45%	1,21	0,99
50%	1,14	0,93
55%	1,07	0,87
60%	1	0,81
65%	0,92	0,75
70%	0,84	0,69
75%	0,76	0,63
80%	0,68	0,57
85%	0,59	0,51
90%	0,51	0,45
95%	0,42	0,39
100%	0,32	0,33

En caso de no disponer de tecnología para la utilización de la VMP como referencia de intensidad existen otras alternativas como el carácter del esfuerzo (C.E.) que es la relación entre las repeticiones que se realizan y las máximas posibles de hacer en una serie (González Badillo, 1995). Se expresa de la siguiente manera: número de series * repeticiones a realizar (repeticiones máximas realizables). A modo de ejemplo: si el programa indica 3*5(12) significa que se deben realizar 3 series de 5 repeticiones con una carga tal que permita 12 RMs, lo que significa que al finalizar la quinta repetición el sujeto podría haber realizado 7 adicionales hasta alcanzar el fallo muscular concéntrico. El indicador de intensidad es el número expresado entre paréntesis, puesto que existe una asociación entre el número máximo de repeticiones posibles en la serie y el porcentaje de 1 RM correspondiente. Es pertinente aclarar en este punto que existen limitaciones al respecto, debido a que se encontró que la cantidad de RMs con cada porcentaje varía según el ejercicio y dentro del mismo entre sujetos (González Badillo, 2017). En sentadilla completa por ejemplo, se pueden realizar por término medio 10 RMs con el 70% (algunos sujetos sólo pueden hacer 8 y otros 12 RMs e incluso diferencias mayores), sin embargo en press banco plano, con la misma carga relativa se realizan como media dos o tres repeticiones más: 12-13 (habiendo personas que sólo pueden alcanzar 10, algunos 14 e incluso diferencias de hasta el doble de repeticiones con el mismo porcentaje) (tabla 5). A pesar de esta variabilidad podría decirse que si se decide entrenar con un porcentaje cercano al 70% de 1 RM, el número entre paréntesis correspondiente será (10) en el caso de la sentadilla y (12) para el press de banco por citar algunos ejercicios. El C.E. sólo es aplicable a ejercicios de empuje-tracción y secuenciales, mientras que no lo es para los de ciclo estiramiento-acortamiento (C.E.A.), en los que generalmente se usan cargas ligeras o el peso corporal, o los que poseen un componente predominantemente horizontal, como el trineo. En el primer artículo se describieron algunos indicadores de intensidad para los ejercicios de C.E.A. largo, ej: selección de la carga en función de la velocidad media o altura alcanzada en el CMJ; y los de C.E.A. corto: altura óptima de caída según el mayor valor del índice "Q" (tiempo de vuelo/tiempo de contacto); trineos: elección del peso según un descenso porcentual determinado de velocidad respecto al sprint sin carga para la misma distancia.

Tabla 5. Máximo número de repeticiones con cada porcentaje de 1 RM en Sentadilla completa y Press banco plano (González Badillo, 2019)

Sentadilla/RMs/ranqo	% 1 RM	Press banco/RMs/ranqo
23 (15-44)	50	25 (19-40)
20 (12-37)	55	23 (16-32)
16 (10-31)	60	20 (15-26)
13 (8-20)	65	16 (12-22)
10 (5-18)	70	13 (9-19)
8 (5-14)	75	10 (7-13)
6 (4-10)	80	8 (5-10)
5 (3-6)	85	5 (4-8)

Otro indicador muy similar al C.E. es el denominado "RIR" (repeticiones en reserva). Se expresa el número de series * las repeticiones a realizar, con la diferencia de que entre paréntesis se registra el número de repeticiones extras (que se podrían haber realizado hasta alcanzar el fallo muscular concéntrico en la serie). A modo de ejemplo, si se programan 3 series de 5 repeticiones con la carga de 12 RMs quedaría expresado de la siguiente manera: 3*5 (RIR 7). La intensidad viene reflejada por la suma de las repeticiones a realizar y el RIR, es decir 12 RMs (70-75% según el ejercicio y sujeto).

La percepción subjetiva de esfuerzo (R.P.E.) constituye también una buena alternativa como indicador de la intensidad. Ésta consiste en una escala que califica el grado de esfuerzo experimentado al realizar la primera repetición de un ejercicio en relación a un punto de referencia (percibido como el estrés más alto posible). Los valores cuantitativos van de 0 a 10 y se corresponden con una descriptor cualitativo (tabla 6). A su vez cada número correlaciona con un porcentaje de la 1 RM (Naclerio, 2020 tomado de Robertson, 2003). La adecuada utilización de la escala por parte del deportista requiere entre 8 y 10 sesiones de familiarización aproximadamente (Naclerio, 2020).

Tabla 6. Escala R.P.E. al inicio de la serie como estimador de la intensidad % de 1 RM en ejercicios de Fuerza (Naclerio, 2008)

Valor	Percepción	% de 1 RM aproximado
0	Extremadamente fácil	<30%
1		Hasta 30%
2	Fácil	40%
3		50%
4	Algo fácil	60%
5		65%
6	Algo duro	70-80%
7		85-90%
8	Duro	92-95%
9		95-98%
10	Extremadamente duro	100%

En la misma línea Naclerio (2011) propuso fórmulas para estimar la RM a partir de la carga en kg y la RPE de la primer repetición de la serie para sentadilla paralela con barra libre y press banco plano (tabla 7).

Tabla 7. Estimación de la 1 RM en función de la carga en Kg y la RPE de inicio según población y ejercicio (Naclerio, 2008)

Muestra	Sentadilla paralela barra libre	Press banco plano libre
Adultos varones	1 RM = Kg/(0,528+0,047 (RPE))	1 RM = Kg/(0,299+0,067 (RPE))
Adolescentes varones	1 RM = Kg/(0,563+0,045 (RPE))	1 RM = Kg/(0,0299+0,067 (RPE))
Adolescentes mujeres	No valorado	1 RM = Kg/(0,835+0,068 (RPE))

Considerando la tabla 7, si se desea estimar la RM de un adulto varón que manifiesta una R.P.E. 8 al desplazar la primera repetición en sentadilla paralela con 100 kg el cálculo será el siguiente: $100/(0,528 + (0,047 * 8)) = 100/(0,528 + 0,376) = 100/0,904 = 111 \text{ kg}$. Para este ejemplo, la RM estimada es 111 kg.

La escala R.P.E. posee también algunas debilidades relacionadas justamente a la subjetividad y características psico-biológicas de la persona que entrena. En este escenario existen algunos/as suelen ser muy “optimistas” (generalmente aquellos que sienten “afinidad” por el entrenamiento de Fuerza) cuya R.P.E. de inicio puede subestimar el verdadero porcentaje de la RM utilizado, o por el contrario, los más “pesimistas” (sujetos poco adaptados al entrenamiento con sobrecarga y con escasa “adherencia” al mismo) que poseen una tendencia a manifestar una R.P.E. que sobreestima el porcentaje de la RM (González Badillo, 2018). Estos matices no deben desalentar la utilización de tal escala, sino que a ella debería sumarse la “estimación subjetiva (por parte del profesional de ciencias del ejercicio) de la velocidad a partir de la observación de la facilidad/dificultad (velocidad/lentitud) de la ejecución del movimiento” (González Badillo, 2019). Si éste posee un alto nivel de experiencia y pericia en la programación y prescripción del entrenamiento de fuerza con deportistas tendrá la capacidad de aproximarse con cierta precisión al porcentaje de la RM que representa la carga visualizando la velocidad externa de desplazamiento en fase concéntrica. Estas dos herramientas integradas: R.P.E. de inicio y observación de la velocidad externa realizado por el profesional, posibilitarán mayor precisión en la estimación del valor relativo que representa una determinada carga absoluta. A modo de ejemplo, cuando se ejecuta un test de cargas progresivas (sin encoder) en ejercicios de empuje (sentadilla, press banco) sucede que con los pesos ligeros la velocidad externa no sólo será visiblemente elevada, sino también uniformemente creciente (desde el inicio concéntrico hasta instantes antes de la finalización del movimiento, momento en el que decrece nuevamente para frenar la barra). Sin embargo, a partir de ciertas cargas (>70% aproximadamente) se produce una merma notoria de velocidad en el punto de mayor desventaja mecánica o “punto crítico” (muslos paralelos al suelo en sentadilla completa).

Por tanto, si se considera como referencia esta “región de atasco” una alternativa podría ser implementar aumentos ligeros de carga hasta encontrar el mínimo peso en el que se evidencia tal merma de velocidad en esta región. A partir aquí posiblemente no tenga sentido continuar con la medición, simplemente se puede realizar un cálculo (regla de tres simple) incluyendo el peso desplazado y el valor porcentual (estimado) que representa (ej: 75%). Si por ejemplo la carga a partir de la que se detecta el punto crítico en sentadilla completa es 100 kg, y se considera que ésta representa aproximadamente el 75%, el cálculo será: $100 * 100/75 = 133 \text{ kg}$. Lógicamente este procedimiento no está basado en evidencia científica alguna (es importante aclararlo) y está muy lejos de ser lo más preciso, sin embargo (en la visión de quien escribe) en caso de no tener un encoder a disposición, podría ser menos desventajoso que intentar medir 1 RM en un ejercicio como la sentadilla completa por los inconvenientes, limitaciones y desventajas que ésta valoración podría generar al compararla con otras alternativas como las ya mencionadas.

Volumen en ejercicios de empuje-tracción

Es la variable que representa la cantidad de trabajo/entrenamiento/ejercicio realizado en la unidad de tiempo. Alude al factor “duración” de la magnitud del estímulo (Heredia Elvar, Peña García Orea, 2019) y tiene poco o ningún significado si no se cuantifica en integración con la intensidad (González Badillo, 2016). Puede calcularse considerando: número de repeticiones por serie, ejercicio, región corporal, sesión, semana, mes, etc. En el presente manuscrito sólo se hará referencia al volumen intra-serie.

Las mismas herramientas seleccionadas para la intensidad son las que permiten determinar volumen, sólo que se aplican de forma diferente: si se cuenta con un encoder lineal se sugiere utilizar como indicador la pérdida de velocidad porcentual (con respecto a la repetición más rápida) en la serie. Por ejemplo, si con el 60% de 1 RM en sentadilla completa la repetición más rápida (puede ser la primera) se desplaza a 1 m/s y la número cinco a 0,9 m/s de VMP se habrá perdido un 10% respecto en la serie. Una mayor pérdida de velocidad para una misma carga absoluta y relativa, indica más proximidad al fallo muscular concéntrico.

Generalmente se utiliza esta variable seleccionando un mismo número de repeticiones con el porcentaje de carga elegida para todos los sujetos. Por ejemplo: 3 series de 5 repeticiones con el 70% de 1 RM. De esta manera se intenta igualar el grado de esfuerzo/fatiga. Sin embargo, como se mencionó en el apartado de intensidad, el número de repeticiones máximas realizables varía según el ejercicio y los sujetos. Esto hace que al ejecutar un ejercicio con el mismo porcentaje de

la RM, dos personas puedan realizar distinto número repeticiones máximas (tabla 8). Por tanto, si se les propone la dosis antes mencionada el sujeto A realizará 3 series * 5 repeticiones con el peso que podía hacer 9 RMs (55% de las repeticiones posibles), mientras que B ejecutará el mismo volumen con una carga que le posibilita hacer 11 RMs (45% de las repeticiones posibles). Evidentemente el entrenamiento fue muy diferente para ambos, alcanzando A una fatiga significativamente mayor al finalizar la serie (más cerca del fallo muscular).

Tabla 8. Comparación del número de RMs con cada % en sentadilla completa en dos sujetos.

RMs según % de 1 RM en sentadilla completa		
% 1 RM	Sujeto A/RMs	Sujeto B/RMs
100	1	1
95	2	2
90	3	4
85	4	6
80	5	7
75	7	9
70	9	11
65	12	14
60	15	17

Sumado a lo anterior, investigaciones recientes (González Badillo, 2017) encontraron que cuando los sujetos realizan igual número de repeticiones con el mismo porcentaje de 1 RM (similar VMP de la mejor repetición) no siempre generan la misma pérdida de VMP en la serie (tabla 9).

Tabla 9. VMP en sentadilla completa al comparar dos sujetos que realizan 6 repeticiones con el 60% de 1 RM

Rep	Sujeto A - VMP	Sujeto B - VMP
1	1	1
2	0,97	0,98
3	0,94	0,96
4	0,91	0,94
5	0,88	0,92
6	0,85	0,9

Como se observa en la tabla 9 ambos sujetos realizaron 6 repeticiones con el 60% de 1 RM, sin embargo A perdió el 15 % de VMP en la última repetición, mientras que B sólo el 10 %. La VMP promedio fue significativamente inferior en A con respecto a B: 0,92 m/s y 0,95 m/s respectivamente. A partir de la observación de estos datos surge la siguiente pregunta: ¿ambos realizaron el mismo entrenamiento? la respuesta es que no, debido a que al haber generado un pérdida de velocidad inferior, B finalizó la serie con una menor fatiga. Estas diferencias pueden estar asociadas a que el número máximo de repeticiones realizables con el mismo porcentaje (60%) de 1 RM es distinto entre ambos: A es capaz de realizar 15 RMs mientras que B alcanza 17 RMs (tabla 7).

Como corolario de este punto se puede afirmar que la manera más precisa de igualar los esfuerzos es seleccionando la velocidad de la repetición más rápida de la serie (indicador de intensidad) y su porcentaje de disminución (indicador de volumen), independientemente del número de repeticiones realizadas. A modo de ejemplo, si se programan 3 series de sentadilla completa con la carga que se desplaza a 1 m/s y un descenso de VMP del 10 %, el esfuerzo habrá sido muy similar para todos los sujetos, independientemente de que el peso utilizado y las repeticiones realizadas en la serie hayan sido diferentes en cada uno de ellos.

El C.E. surge como alternativa ante la falta de tecnología. El indicador de volumen es el número que se encuentra fuera de paréntesis, que expresa cantidad series y repeticiones a realizar respecto a las realizables. Los recientes trabajos de González Badillo y su grupo de investigación encontraron una alta correlación (en sentadilla y press banco) entre: porcentaje de repeticiones realizadas respecto a las posibles de hacer (lo que refleja el carácter del esfuerzo) y la pérdida de velocidad en la serie. A modo de ejemplo, al realizar el 50% de las repeticiones posibles de realizar en sentadilla se genera una reducción del 20% de velocidad respecto a la repetición más rápida de la serie. Esto sucede en un rango de cargas entre el 50 y 65% de la RM. Mientras que en press banco realizar la mitad de las máximas repeticiones realizables implica un descenso de velocidad del 27-28% en relación a la mejor repetición con cualquier carga entre el 50 y 70% de la RM. Este gran descubrimiento posibilita optimizar la utilización del C.E. como herramienta de programación y dosificación de los ejercicios: sólo se necesita conocer la relación entre la pérdida porcentual de velocidad y el porcentaje de repeticiones realizadas respecto a las máximas realizables. Entonces, si al prescribir sentadillas se desea programar un rango de pérdida de velocidad entre el 10-20% sin disponer de un encoder, el porcentaje de repeticiones realizadas en relación a las realizables deberá estar en el rango del 25% y 50% respectivamente. A modo de ejemplo: si se entrena con la carga de 10 RMs (70% 1 RM aproximadamente) se realizan entre 3 y 5 repeticiones por serie, ej: 3*4(10) (tabla 10). En cambio, si se prescribe press banco y el rango de reducción de velocidad programado está entre el 18% y 28% se deberán realizar entre un 30% y 50% de las repeticiones posibles de hacer en la serie. De esta manera, con la carga de 12 RMs (70 % aproximadamente) se realizarán entre 4 y 6 repeticiones respectivamente, ej: 3*5(12) (tabla 11).

Tabla 10. Relación entre pérdida porcentual de velocidad y carácter del esfuerzo con cargas comprendidas entre el 50 y 80% de 1 RM en sentadilla completa (adaptado de González Badillo, 2019)

Pérdida % velocidad	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%
10	6(23)	5(20)	4(16)	3(13)	3(10)	3(8)	2(6)
15	8(23)	7(20)	6(16)	5(13)	4(10)	3(8)	3(6)
20	10(23)	8(20)	7(16)	6(13)	5(10)	4(8)	3(6)
25	12(23)	10(20)	8(16)	7(13)	6(10)	5(8)	3(6)
30	14(23)	11(20)	9(16)	8(13)	6(10)	5(8)	4(6)
35	15(23)	13(20)	10(16)	8(13)	7(10)	6(8)	4(6)
40	17(23)	14(20)	11(16)	9(13)	8(10)	6(8)	5(6)

Tabla 11. Relación entre pérdida porcentual de velocidad y carácter del esfuerzo con cargas comprendidas entre el 50 y 80% de 1 RM en press banco (adaptado de González Badillo, 2019).

Pérdida % velocidad	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%
10	6(26)	5(23)	4(19)	4(16)	3(12)	3(10)	2(8)
15	8(26)	7(23)	6(19)	5(16)	4(12)	3(10)	3(8)
20	10(26)	9(23)	8(19)	6(16)	5(12)	4(10)	3(8)
25	12(26)	10(23)	9(19)	8(16)	6(12)	5(10)	4(8)
30	14(26)	12(23)	10(19)	9(13)	7(12)	6(10)	4(8)
35	15(26)	13(23)	12(19)	10(13)	7(12)	6(10)	5(8)
40	17(26)	15(23)	13(19)	11(13)	8(10)	7(10)	5(8)

A modo de síntesis se puede afirmar que en ejercicios de empuje y tracción, tanto del hemisferio inferior como superior, el rango óptimo de pérdida de velocidad en la serie se encuentra entre el 10 y 30% (dependiendo del ejercicio). Si no se dispone de tecnología para medir esta variable se sugiere realizar entre un 25% y 50% de las máximas repeticiones posibles con la carga seleccionada (dependiendo del grado de desarrollo de fuerza del deportista y las demandas de cada deporte). A continuación se fundamentan los beneficios de utilizar este rango de C.E.

Estudios de Pareja Blanco y Rodríguez Rosell (2016, 2017) en sujetos experimentados, encontraron que el entrenamiento

con sentadillas en un rango de cargas del 55 al 85% de 1 RM generó como adaptación una mejora más significativa en el CMJ, la RM, el tiempo de sprint en 10 y 20 mts cuando la pérdida de velocidad oscilaba entre el 10 y 20% al compararlo a disminuciones mayores: 30 y 40% respecto a la primera repetición de la serie (tabla 12). Ambos trabajos son una clara evidencia de que el entrenamiento con alta pérdida de velocidad en la serie (cercano al fallo muscular) no produce la mayor transferencia a los gestos a alta velocidad, e incluso tampoco pareciera ser necesario para obtener un mayor incremento de la 1 RM.

Tabla 12. % de cambio en: altura del CMJ, 1 RM y tiempo en 10 mts al entrenar en sentadilla (rango del 55 al 85% de 1 RM) con distintas pérdidas de velocidad en la serie (10, 20,30 y 40%) durante 10 semanas (adaptado de González Badillo, 2019).

Test	Pérdida 10%	Pérdida 20%	Pérdida 30%	Pérdida 40%
CMJ (%)	9,1	9,1	5,4	3,7
RM (%)	17,9	17,6	14,9	13,5
Tiempo 0-10 mts (%)	-1,5	-0,6	0,7	1,2

Los datos anteriores indican que cuando el objetivo del entrenamiento de la fuerza es optimizar el rendimiento en acciones veloces (saltos, aceleraciones, cambios de dirección) y se utiliza la sentadilla como uno de los ejercicios para tal fin, las intensidades más adecuadas se encuentran en un rango aproximado del 60-80% de 1 RM y las pérdidas de velocidad más beneficiosas entre el 10 y 20%. En la tabla 13 se muestran ejemplos de tales propuestas.

Tabla 13. Rango de intensidades y repeticiones a realizar sobre las realizables (RMs) cuando el ejercicio elegido es sentadilla completa y la pérdida de velocidad en la serie oscila entre el 10% y 20%.

% 1 RM	Rep a realizar	RMs (aprox)	RIR	VMP rep 1m/s	Pérdida % VMP	VMP última rep
60	6-8	16	10-8	1	10-20%	0,9 - 0,8
65	4-6	13	9-7	0,92		0,83 - 0,74
70	3-5	10	7-5	0,84		0,76 - 0,67
75	2-4	8	6-4	0,76		0,68 - 0,61
80	2-3	6	4-3	0,68		0,61 - 0,54

Índice de esfuerzo como indicador del grado de fatiga

Podría afirmarse que la fatiga durante los ejercicios de fuerza es producto de la integración de las dos variables más importantes: intensidad y volumen, cuyos indicadores más precisos son la velocidad de la mejor repetición y su reducción porcentual respectivamente. A partir de estas consideraciones González Badillo (2017) propuso un valor al que denominó índice de esfuerzo (IE). Éste consiste en un cálculo numérico arbitrario (no posee unidad de medida) que se obtiene a partir de multiplicar la velocidad de la primera repetición (intensidad) y su pérdida porcentual (volumen). Por ejemplo, si en sentadilla la primera repetición se desplaza a 1 m/s y se da por finalizada la serie al haber perdido un 10% de velocidad (al desplazar la barra a 0,9 m/s o menos), el IE habrá sido 10: 1×10 . Por tanto, el IE será más alto cuanto mayor sea la pérdida de velocidad programada para el mismo % de 1 RM. A su vez, cuando la pérdida de velocidad sea la misma, el IE será mayor con cargas menores, porque la VMP de la primera repetición es más alta (ver tabla 13).

En un trabajo realizado recientemente, este autor encontró una alta correlación entre el IE y la fatiga aguda valorada a partir de la altura en el CMJ pre-post sesión: cuanto más alto el IE en sentadilla, mayor disminución porcentual del CMJ (fatiga) pre-post. Esto significa que para un mismo porcentaje de 1 RM, cuanto mayor sea la pérdida de velocidad en la serie, más alto será el IE y la fatiga (lo que resulta esperable). Mientras que cuando la pérdida de velocidad en la serie es la misma, a menor carga (más velocidad de la primera repetición), mayor es el IE y sorprendentemente mayor es la fatiga aguda (medida por la altura del CMJ pre-post). A modo de ejemplo, si se comparan dos entrenamientos de sentadilla con cargas distintas, ej: 60% y 80% de 1 RM con la misma pérdida de velocidad en la serie (ej: 20%) a priori se pensaría que la fatiga sería mayor en aquel que utilizó la mayor carga, sin embargo es el peso más ligero (con la misma pérdida de velocidad) el que genera mayor merma del rendimiento post entreno. Entonces la fatiga aguda será mayor entrenando con

el 60% respecto al 80% de 1 RM cuando la pérdida de velocidad en la serie sea la misma. Esta información posee un altísimo valor aplicativo en la práctica, ya que si el estímulo técnico-táctico o bien la competencia están precedidas por una sesión de fuerza (con pocas horas-días de separación) será clave minimizar la fatiga para que ésta no atente contra el rendimiento técnico del deportista. En este escenario la citada evidencia indica que las cargas medias-altas generan menor fatiga aguda que los pesos ligeros cuando la pérdida de velocidad en la serie (carácter del esfuerzo) es la misma. Entonces, al acercarse una competencia puede ser menos fatigante realizar 3 series al 70% con una pérdida de velocidad del 20%, aproximadamente 3*5(10), respecto a realizar 3 series con la misma pérdida de velocidad y un peso menor, ej: 60% de 1 RM, aproximadamente 3*8(16), a pesar de que en ambas situaciones se realizaron la mitad de las repeticiones posibles de hacer.

Tabla 14. IE según la VMP de la primera repetición (% de 1 RM) y su pérdida porcentual en sentadilla completa (González Badillo, 2017).

% 1 RM	VMP 1era rep	10%	15%	20%
60	1	10	15	20
65	0,92	9	14	18
70	0,84	8	13	17
75	0,76	8	11	15
80	0,68	7	10	14

Tabla 15. Relación entre IE, intensidad-volumen de sentadilla completa y pérdida % de la altura del CMJ pre-post sesión

% 1 RM VMP	60% 1 m/s	70% 0,84 m/s	80% 0,68 m/s	Pérdida % CMJ pre-post sesión
IE	Pérdida % velocidad			
6	6 %	7 %	9 %	11,4%
8	8 %	10 %	12 %	12%
10	10 %	12 %	15 %	12,7%
12	12 %	14 %	18 %	13,3%
14	14 %	17 %	21 %	14%
16	16 %	19 %	24 %	14,7%
18	18 %	21 %	26 %	15,3%
20	20 %	24 %	29 %	16%

El IE (que integra en una sola variable la intensidad y el volumen) determina el grado de esfuerzo y la consecuente fatiga en los ejercicios de fuerza. Como se observa en la tabla 15, al utilizar cargas diferentes y la misma pérdida de velocidad en la serie, el IE es distinto y la fatiga (reducción del CMJ post entreno) también. Por ejemplo, para una pérdida de velocidad en la serie del 12%, utilizar el 60% 1 RM (IE: 12) ocasiona una pérdida de altura del CMJ post entreno aproximada del 13,3%, sin embargo si la carga es el 70% 1 RM (IE: 10), la reducción del CMJ es algo menor (12,7%) y si se entrena con el 80% de 1 RM (IE: 8), el descenso del CMJ post sesión es menor aún (12%). Por tanto, si se desea equiparar el grado de fatiga, se debe igualar el IE, lo que implica que conforme aumenta la carga se acepte una pérdida de velocidad progresivamente mayor. Por ejemplo: 60% 1 RM *10% de pérdida VMP, 70% de 1 RM * 12% de reducción VMP y 80% de 1 RM * 15% de disminución VMP: las tres opciones generan un IE 10, lo que determinaría una fatiga bastante similar: reducción del CMJ post entreno del 12,7% aproximadamente. En caso de realizar un trabajo de investigación en el que se desee comparar la eficacia de cargas diferentes sobre alguna variable objeto de mejora, ej: CMJ vertical, también se debería igualar el IE entre ellas, de manera que no exista ninguna variable "extraña" extra a los porcentajes de 1 RM que influya sobre los resultados obtenidos (González Badillo, 2019).

Intensidad y volumen para los ejercicios de C.E.A. largo

Algunos autores: Cormie (2007), Naclerio (2008) incluyen el 88% del peso corporal en el cálculo de la resistencia a superar

cuando el ejercicio es sentadilla o saltos con y sin carga añadida. El 12% restante corresponde a la masa representada por el pie y pierna, que no forma parte de la resistencia a vencer. A modo de ejemplo: un deportista que pesa 80 kg y su RM externa en sentadilla es 130 kg posee 1 RM total de 200 kg: 130 kg + 70 kg (el 88% de 80 kg). De esta manera, su masa corporal (70 kg) representa el 35% de su 1 RM total: $70 * 100/200$. A partir de aquí suelen recomendarse intensidades que se encuentran en un rango comprendido entre el 30% y 60% de 1 RM para realizar saltos CMJ (Naclerio, 2008), considerando que habitualmente el peso corporal per sé ya representa valores entre el 30 y 40% de 1 RM (en este ejemplo el 35%). La carga máxima con la que debería saltar este deportista sería 50 kg externos (120 kg totales), que representan el 60% de su RM total (200 kg)

Otra alternativa metodológica para la selección del peso en los saltos verticales se basa en la altura (cm) o velocidad media alcanzadas (m/s) (González Badillo, 2016). Se sabe que para una altura del CMJ de 50 cm, la velocidad media aproximada es 1,56 m/s, 45 cm se corresponden con 1,5 m/s; 40 cm con 1,4 m/s; 20 cm a 1 m/s. Utilizando estos indicadores, el rango sugerido se encuentra entre el 40 y 80% de la carga que permita saltar 20 cm o 1 m/s de velocidad media (González Badillo, 2019). En la experiencia personal (en deportistas con mucha experiencia en entrenamiento de fuerza) utilizamos como carga límite superior aquella que posibilita saltar 20 cm (1 m/s), siendo la carga mínima el propio peso corporal. La selección de los pesos puede hacerse a través del test de salto vertical (CMJ) con cargas progresivas propuesto en la parte I de este artículo (utilizando plataforma dinamométrica, alfombra de contacto o en su defecto la app My Jump II). Como se puede observar en el gráfico 11, el sujeto salta 20,7 cm con 60 kg externos. El peso máximo a utilizar para el entrenamiento de la saltabilidad se encontraría entre 50 y 60 kg externos (80% a 100% de la carga que le permite saltar 20 cm).

Puede suceder que el deportista posea un pobre nivel de fuerza vertical, ej: CMJ de 30 cm. En tal caso su propio peso ya le representa una resistencia suficiente para entrenar la saltabilidad. En esta situación el límite superior de carga será mucho menor: 10-20 kg aproximadamente.

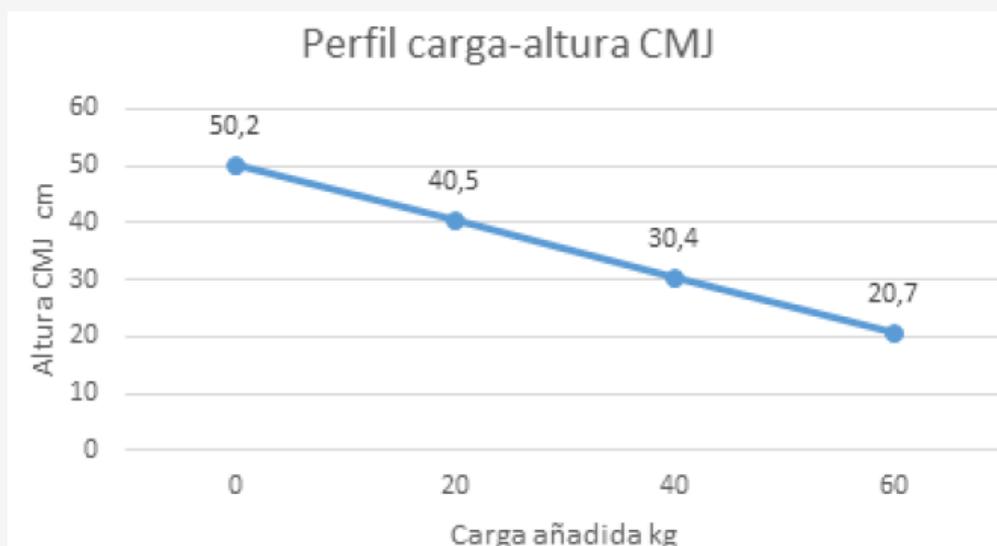


Gráfico 11. Relación altura (cm) - carga (kg) en test de saltos verticales con cargas crecientes

Mientras que si se realizan lanzamientos de la barra en posición de press en banco siendo la 1 RM externa del sujeto 100 kg (no se incluye un porcentaje del peso corporal como parte de la resistencia a superar), las cargas propuestas se encuentran entre 30 y 50 kg externos aproximadamente.

El volumen recomendado es bajo, de manera que no se produzca una reducción importante de velocidad en la serie: generalmente de 3 a 6 repeticiones y el número de series entre 3 y 5. Las pausas de recuperación deberán ser completas: 2-3 min y la frecuencia semanal entre 1 y 3 (en días no consecutivos).

El ejercicio descrito anteriormente: estocada atrás + salto horizontal, se encontraría dentro de este grupo (CEA largo), por lo que se recomienda no utilizar peso externo (se empuja con una pierna para superar la resistencia que ofrece todo el peso corporal) o bien en el caso de deportistas muy entrenados es factible utilizar una carga liviana (que genere un descenso ligero de la distancia al compararlo con el mismo gesto sin sobrecarga). Otro aspecto a considerar será el tipo y ubicación de la misma, ya que sostener un disco en el pecho o mancuernas en las manos podría acentuar el componente

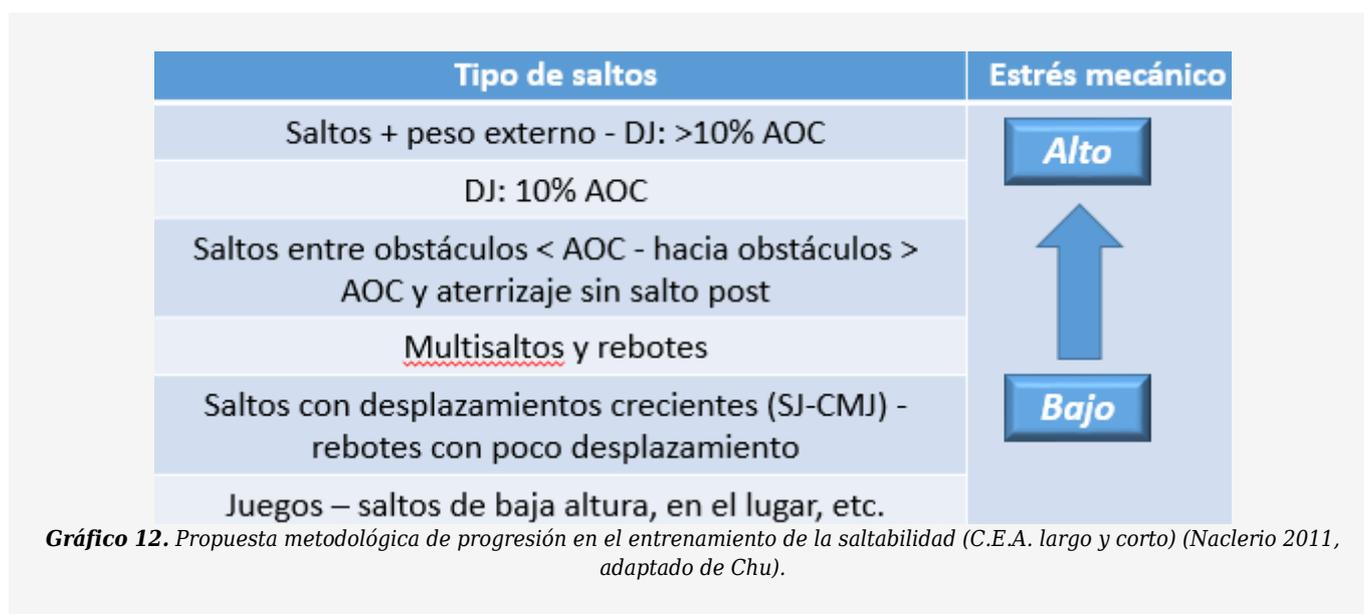
vertical, siendo que el objetivo prioritario de este ejercicio es la aplicación de fuerza en el vector horizontal.

Es importante recordar que la utilización de los pesos mencionados (ligeros) a alta velocidad concéntrica sin acción de salto (sentadilla) o lanzamiento (press banco) produce una fase de frenado al final del recorrido articular (ver descripción de los ejercicios de empuje y tracción). Cuando los destinatarios son deportistas poco entrenados tales ejercicios y cargas serán más que suficientes para producir mejoras en la fuerza, sin embargo en sujetos con un historial importante de entrenamiento se sugiere que al utilizar estos pesos la acción finalice con un despegue (salto o lanzamiento) para evitar la fase mencionada, en la que no se produce aplicación externa (mecánica) de fuerza.

Intensidad y volumen para los ejercicios de C.E.A. corto

En este grupo de ejercicios la intensidad varía principalmente en función de la energía cinética (julios) generada: $\frac{1}{2}$ de la masa * velocidad². Esto significa que cuanto mayor sea la altura de caída-aterriaje para una misma masa, más alta será la intensidad. Por tanto ésta puede ser muy variable: desde multisaltos con mínima fase de vuelo, ej: escaleritas de agilidad, hasta drop jumps desde alturas importantes, ej: >50 cm. El volumen, que viene determinado por el número de contactos con el suelo, será muy variable, generalmente se sugiere que sea inversamente proporcional a la intensidad (altura de caída). En caso de hacer multisaltos de baja magnitud se pueden realizar >100 saltos por entrenamiento, mientras que si se realizan drop jumps no deberían superarse 30 saltos por sesión, distribuidos en 3-5 series de 4-6 repeticiones desde la altura óptima de caída según índice Q (ver parte I de este artículo). Las pausas de recuperación serán mayores conforme aumenta la altura del aterriaje, en DJ se recomiendan > 2 min. La frecuencia semanal se encuentra entre 1 y 3 sesiones en días no consecutivos.

A continuación (gráfico 12) se propone una progresión del entrenamiento de la saltabilidad a través de ejercicios de C.E.A. largo y corto en función del estrés mecánico generado (Naclerio, 2011 adaptado de Chu).



Intensidad y volumen para los ejercicios secuenciales

La literatura científica: Cormie (2007), Naclerio (2008), González Badillo (2010), coincide en que los porcentajes comprendidos entre el 80 y 90% de 1 RM son los más beneficiosos para realizar ejercicios secuenciales: cargada, arranque, segundo tiempo de potencia y sus derivados, debido a que la velocidad con estas cargas sigue siendo elevada (en torno a 1 m/s de VMP). A su vez, la pérdida de velocidad debería ser baja: 5% aproximadamente, realizando entre 2 y 5 repeticiones por serie. El carácter del esfuerzo propuesto es medio-alto (próximo al fallo muscular) ya que, a diferencia de los ejercicios de empuje-tracción, esta situación no genera una alta disminución de velocidad en la serie.

El número de series va de 3 a 5 y las pausas >3 min.

Es importante aclarar que la dosis mencionada es válida una vez resuelto el aspecto técnico de estos ejercicios, que poseen una alta complejidad desde el punto de vista coordinativo.

Intensidad y volumen para los arrastres-trineos

Para este grupo de ejercicios la intensidad y volumen que suelen proponer los autores son muy variables según el objetivo principal: mejorar la fase de aceleración temprana, ej: 0-10 mts (fuerza horizontal-eficiencia mecánica) o la velocidad lanzada >20 mts. Cuando se pone el foco en la mejora de los primeros metros del sprint, autores como Morin, Samozino, Brughelli, Cronin, Cross, Bezodis y otros sugieren cargas muy pesadas (por las razones expuestas anteriormente en este artículo): que generen >50% de reducción de velocidad respecto al sprint sin carga, lo que suele implicar pesos >70% del p.c. y distancias cortas: 10-15 mts. El número de repeticiones oscila entre 4 y 8, por lo que el volumen por sesión está en el rango de 50 a 100 mts totales. Las pausas de recuperación son completas: >2 min y la frecuencia semanal de 1-3 sesiones en días no consecutivos.

Mientras que si se busca mejorar la fase de máxima velocidad del sprint, se proponen cargas que no generen un descenso superior al 10-15% de velocidad respecto al sprint sin carga (para la distancia de referencia), lo que suele implicar un peso aproximado entre el 10 y 20 % del peso corporal. La distancia por sprint será mayor: 20-30 mts, el número de repeticiones entre 4 y 6, acumulando un volumen total por sesión de 100-150 mts totales. Las pausas de recuperación son completas: >2 min y la frecuencia semanal de 1-3 sesiones en días no consecutivos.

La forma más precisa para determinar la intensidad cuando se utilizan trineos es a través del porcentaje de reducción de velocidad que genera cada carga en relación al sprint "descargado" (ver artículo I).

Tabla 16. Datos de tiempo en 10 mts con partida detenida sin cargas y trineo con distintos % del p.c. en un basquetbolista profesional (Lépori, 2020, datos sin publicar).

Tiempo en 10 mts para sprints sin carga y con distintos % del p.c. utilizando trineos						
Sin carga	20%		40%		60%	
Tiempo	Tiempo	Pérdida %	Tiempo	Pérdida %	Tiempo	Pérdida %
1,86"	2,253"	21,13%	2,69"	44,68%	2,99"	60,75%

A modo de ejemplo, si se programa una sesión de entrenamiento en la que el objetivo sea la mejora en la fase de aceleración temprana del sprint utilizando como medio de entrenamiento el trineo, una alternativa es utilizar la carga que genere un 50% de merma de velocidad en relación al sprint sin carga. Como se ve en la tabla 16, al deportista en cuestión le correspondería una carga aproximada del 50% del peso corporal (el 40 y el 60% del p.c. le generan una reducción del 44,68% y 60,75% de velocidad respectivamente).

A su vez Cronin y Cross, 2019 encontraron las siguientes relaciones entre pérdida porcentual de velocidad respecto al sprint sin carga y porcentajes del peso corporal utilizados en el trineo:

- descenso del 10% de velocidad: 14 a 21% del p.c. (media: 18%)
- descenso del 25% de velocidad: 36 a 53% del p.c. (media: 45%)
- descenso del 50% de velocidad: 71 a 107% del p.c. (media: 89%)
- descenso del 75% de velocidad: 107 a 170% del p.c. (media: 133%)

Estos datos pueden utilizarse como referencia para la programación del entrenamiento (según el nivel del deportista y la fase del sprint que se intente optimizar en función de las demandas del deporte, puesto, función y perfil neuromuscular) en caso de no disponer de herramientas tecnológicas o tiempo para realizar un test de cargas crecientes con trineo.

Ejemplo de programas de entrenamiento en deportes acíclicos.

A continuación se muestra un ejemplo real de programación del entrenamiento de Fuerza durante 6 semanas en un equipo de Básquet profesional:

Tabla 17. Ejemplo de programación del entrenamiento de Fuerza en un equipo de Básquet profesional (Lépori, 2020).

Ejercicios	Día 1 (hemisferio inferior)	Día 2 (hemisferio superior)	
	Aceleración c/trineo	Remo invertido en TRX (emp-tracc)	
	Sentadilla	Press banco plano	
	Salto CMJ c/carga	Remo acostado c/manc (emp-tracc)	
	Peso muerto (emp-tracc)	Press inclinado unilateral c/manc (emp-tracc)	
	Estocada atrás + salto horizontal	Remo a 1 brazo de pie en polea (emp-tracc)	
	Hip thrust (emp-tracc)	Press militar unilateral	
Semana	Trineo	Sentadilla	Salto CMJ
1	3 series * 20% pérdida vel. * 14 mts	3 series * 1 m/s (60% 1 RM) y 10% pérdida VMP/IE: 10	3*5 - 1,2 m/s (30 cm)
2	4 series * 20% pérdida vel. * 14 mts	4 series * 1 m/s (60% 1 RM) y 10% pérdida VMP/IE: 10	4*5 - 1,2 m/s (30 cm)
3	3 series * 25% pérdida vel. * 12 mts	3 series * 0,92 m/s (65 % 1 RM) y 11% pérdida VMP/IE: 10	3*4 - 1,1 m/s (25 cm)
4	4 series * 25% pérdida vel. * 12 mts	4 series * 0,92 m/s (65% 1 RM) y 11% pérdida VMP/IE: 10	4*4 - 1,1 m/s (25 cm)
5	3 series * 30% pérdida vel. * 10 mts	3 series * 0,84 m/s (70 % 1 RM) y 12% pérdida VMP/IE: 10	3*3 - 1 m/s (20 cm)
6	4 series * 30% pérdida vel. * 10 mts	4 series * 0,84 m/s (70 % 1 RM) y 12% pérdida VMP/IE: 10	3*4 - 1 m/s (20 cm)
Semana	Emp-tracc	Press banco	Estocada + salto
1	3*6(14)	3 series * 0,8 m/s (60% 1 RM) y 12% pérdida VMP/IE: 10	3*5/p.c.
2	4*6(14)	4 series * 0,8 m/s (60% 1 RM) y 12% pérdida VMP/IE: 10	4*5/p.c.
3	3*5(12)	3 series * 0,72 m/s (65 % 1 RM) y 14% pérdida VMP/IE: 10	3*4/5 kg
4	4*5(12)	4 series * 0,72 m/s (65% 1 RM) y 14% pérdida VMP/IE: 10	4*4/5 kg
5	3*4(10)	3 series * 0,64 m/s (70 % 1 RM) y 16% pérdida VMP/IE: 10	3*3/10 kg
6	4*4(10)	4 series * 0,64 m/s (70 % 1 RM) y 16% pérdida VMP/IE: 10	4*3/10 kg
Vel/pausa	máxima posible/2,30" min		

El programa de la tabla 17 posee una frecuencia de 2 días semanales (programa dividido por hemisferios) y una duración de 6 semanas. En las semanas pares (2-4-6) se produce un aumento de volumen (de 3 a 4 series por ejercicio), mientras que en las semanas impares (3-5) se aplica un aumento de la intensidad (peso) con un descenso concomitante del volumen (de 4 a 3 series).

Referencias de dosificación según la semana y el ejercicio:

- Trineo: carga que genere entre el 20 y 30% de pérdida de velocidad en relación al sprint sin carga. 3-4 series * 10 - 14 mts.
- Sentadilla: intensidad según la mejor repetición: entre 1 y 0,84 m/s VMP (60-70% 1 RM), volumen: entre el 10 y 12% de pérdida de velocidad en la serie. Índice de esfuerzo (IE): 10 durante las 6 semanas.
- Press banco: intensidad según la mejor repetición: entre 0,8 y 0,64 m/s VMP (60-70% 1 RM), volumen: entre el 12 y 16% de pérdida de velocidad en la serie. Índice de esfuerzo (IE): 10 durante las 6 semanas.
- Saltos CMJ: intensidad: carga que permita alcanzar 30 cm (1,2 m/s de velocidad media) y 20 cm (1 m/s de velocidad media). 3-4 series * 3-5 repeticiones.
- Empuje-tracción por carácter del esfuerzo: desde 3*6(14) a 4*4(10).
- Estocada atrás + salto horizontal: desde 3 series * 5 repeticiones c/cada pierna sin carga externa hasta 4 series * 3 repeticiones c/cada pierna utilizando 10 kg externos.

Conclusiones

Los distintos tipos de ejercicios: empuje-tracción, secuenciales, C.E.A. largo - corto, trineos, pueden generar transferencia al rendimiento deportivo, es decir promover mejoras de la Fuerza aplicada en gestos específicos: aceleraciones, cambios de dirección, saltos, etc siempre y cuando la selección de las variables de programación sean adecuadas para cada uno de ellos, considerando que poseen características cinéticas y cinemáticas muy distintas. Por este motivo la intensidad y el volumen óptimos pueden ser diferentes según: nivel de desarrollo de Fuerza del deportista, demanda de esta capacidad para cada deporte (puesto y función), perfil neuromuscular individual (en el caso del sprint) y tipo de ejercicio seleccionado.

La evidencia científica actual indica que cuando se seleccionan ejercicios de empuje como la sentadilla, el press banco, peso muerto, dominadas, los mayores beneficios en sujetos entrenados en fuerza se obtienen con intensidades medias (en principiantes se obtienen mejoras importantes con cargas menores), comprendidas entre el 60 y 80% de 1 RM (calculadas a partir de la VMP de la repetición más rápida de la serie) y volúmenes bajos de repeticiones por serie: que generan reducciones entre el 10 y 20-25% de VMP respecto a la mejor repetición, o bien realizando como máximo la mitad (50%) de

repeticiones posibles (C.E. bajo-medio).

Cuando se seleccionan cargas ligeras: 30-60% 1 RM, es decir aquellas que permiten alta VMP externa (>1 m/s) se sugiere realizar saltos-lanzamientos (acciones de C.E.A. largo) para minimizar la fase de frenado al final del recorrido articular, principalmente en deportistas experimentados en entrenamiento de Fuerza.

Al utilizar ejercicios de C.E.A. corto la intensidad y volumen pueden variar considerablemente en función del estrés mecánico generado en el aterrizaje: en aquellos con pequeña altura de caída será factible un volumen superior a 100 saltos por sesión, mientras que para los que impliquen alturas de caída importantes como los drop jumps, ej: 50 cm, no deberían superarse 30 saltos por sesión aproximadamente.

Para la realización de ejercicios secuenciales es muy importante disponer de tiempo, conocimiento y experiencia para el aprendizaje de la técnica correcta de ejecución, dada su elevada complejidad. Una vez resuelto este aspecto se sugiere utilizar cargas comprendidas entre el 80 y 90% de 1 RM y un número bajo de repeticiones por serie: 2 a 5, lo que genera reducciones mínimas de velocidad, cercanas al 5%.

Por último, si se utiliza el trineo como medio de entrenamiento para mejorar la fase de aceleración temprana del sprint lineal: <10 mts, se propone la utilización de cargas altas, es decir aquellas que generen un descenso aproximado del 40-60% de velocidad respecto al sprint sin carga para la misma distancia (o en su defecto >70% p.c.) y distancias cortas: 10-15 mts (sólo en deportistas muy adaptados a este tipo de entrenamiento), mientras que distancias mayores a 20 mts y pesos ligeros, que generan un aumento del tiempo cercano al 10-15% respecto al sprint sin carga (o 10-20% del p.c.), parecieran ser los más adecuados para optimizar la fase de velocidad máxima.

REFERENCIAS

1. BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C., JIMÉNEZ-REYES, P. (2014). Entrenamiento de Fuerza. *Nuevas perspectivas metodológicas. (libro en formato digital)*.
2. BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C., (2015). La validez y fiabilidad de una aplicación de iPhone para medir el rendimiento del salto vertical. *Journal of Sports Sciences*
3. BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C., (2016). La validez y fiabilidad de una aplicación de iPhone para medir la mecánica de carrera. *Revista de biomecánica aplicada*.
4. BARR, M., SHEPPARD, J., NEWTON, R. AGAR-NEWMAN, D. (2014). TRANSFER EFFECT OF STRENGTH AND POWER TRAINING TO THE SPRINTING KINEMATICS OF INTERNATIONAL RUGBY PLAYERS. *Journal of Strength and Conditioning Research*.
5. BOSCO, C. (2000). La fuerza muscular. *Barcelona: Inde*.
6. BROWN, L., Ferrigno, A. (2007). Entrenamiento de velocidad, agilidad y rapidez. *Badalona: Paidotribo*.
7. CRONIN, J., OGDEN, LAWTON y BRUGHELLI, (2000). ¿El Incremento en la fuerza máxima mejora el rendimiento en carreras de sprint? Recuperado de <http://www.g-se.com>
8. CRONIN, J., CAHILL, M., CROSS, M. (2019). Sled-Pull Load-Velocity Profiling and Implications for Sprint Training Prescription in Young Male Athletes. www.mdpi.com/journal/sports
9. DE HOYO, M., GONZALO-SKOK, O. (2016). COMPARATIVE EFFECTS OF IN-SEASON FULL-BACK SQUAT, RESISTED SPRINT TRAINING, AND PLYOMETRIC TRAINING ON EXPLOSIVE PERFORMANCE IN U-19 ELITE SOCCER PLAYERS. *Journal of Strength and Conditioning Research*
10. GARCÍA MANSO, J., ACERO, R., NAVARRO VALDIVIELSO, M., RUIZ CABALLERO, J. (1998). La velocidad. *Madrid: Gymnos*.
11. GONZÁLEZ BADILLO, J., SÁNCHEZ MEDINA, L., PAREJA BLANCO, F., RODRÍGUEZ ROSSEL, D. (2017). La velocidad de ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de Fuerza. *ERGOTECH Consulting*.
12. GONZÁLEZ BADILLO, J., SÁNCHEZ MEDINA, L., (2010). Movement Velocity as a Measure of Loading Intensity in Resistance Training. *Pablo de Olavide University, Faculty of Sport, Seville, Spain*.
13. GONZÁLEZ BADILLO, J., RIBAS SERNA, J. (2019). Fuerza, Velocidad y rendimiento físico y deportivo. *ESMSL*.
14. GONZÁLEZ BADILLO, J., PALLARÉS, J. (2020). Reliability of technologies to measure the barbell velocity: Implications for monitoring resistance training. *PLOS ONE*.
15. HEREDIA ELVAR, J.R., PEÑA GARCÍA-OREA, G. (2019). El entrenamiento de la fuerza para la mejora de la condición física y la salud. *Círculo rojo*.
16. HEREDIA ELVAR, J.R., PEÑA GARCÍA-OREA (2017). Dispositivos y Técnicas Para la Medición del Rendimiento del Salto Vertical: ¿Qué Opciones Tenemos? Artículo publicado en el journal *International Journal of Physical Exercise and Health Science for Trainers*.
17. HICKS, D., SCHUSTER, J.G., MORIN, J.B., SAMOZINO, P. (2019). Improving Mechanical Effectiveness During Sprint Acceleration: Practical Recommendations and Guidelines.
18. IZQUIERDO, M. (2008). Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte. *Madrid: Médica panamericana*.

19. HAUGEN, T., SEILER, S., (2019). The Training and Development of Elite Sprint Performance: an Integration OF Scientific and Best Practice Literature. *Springer open*.
20. JIMÉNEZ GUTIÉRREZ, A. (2008). Nuevas dimensiones en el entrenamiento de la Fuerza: aplicación de nuevos métodos, recursos y metodologías. *Barcelona: Inde*.
21. JIMÉNEZ REYES, P., SAMOZINO, P., BRUGHELLI, M., MORIN, J.B. (2019). Eficacia de un programa de entrenamiento individualizado basado en el perfil fuerza-velocidad en el salto. *Artículo publicado en el journal Revista de Entrenamiento Deportivo, Volumen 1, Número 2*
22. JIMÉNEZ REYES, P., SAMOZINO, P., BRUGHELLI, M., MORIN, J.B. (2019). La altura del salto vertical no es buen indicador de la potencia del miembro inferior. *Springer nature*.
23. JUNGE, N. , MORIN, J.B., NYBO, L. (2020). Leg extension force-velocity imbalance has negative impact on sprint performance in ballgame players. *Sports Biomechanics. ISSN: (Print) (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/rspb20>*
24. LOTURCO, I., GIL, S. (2018). Effects of resisted sprint training on sprinting ability and change of direction speed in professional soccer players. *Journal of Sports Sciences*
25. MORIN, J.B., HÄKKINEN, K. (2019). Changes in sprint performance and sagittal plane kinematics after heavy resisted sprint training in professional soccer players. <https://www.researchgate.net/publication/336882380>.
26. MORIN, J.B., CROSS, M., JIMÉNEZ-REYES, P., CAPELO-RAMÍREZ, F. (2020). Individual Adaptation Kinetics Following Heavy Resisted Sprint Training. *Article in The Journal of Strength and Conditioning Research*
27. NACLERIO, F. (2011). Entrenamiento deportivo. *Madrid: Médica Panamericana*.
28. NEWTON, MC BRIDE, (2002). Efectos de los Saltos con cargas altas y bajas sobre el desarrollo de la fuerza, la potencia y la velocidad. *Recuperado de <http://www.g-se.com>*
29. PETRAKOS, G., MORIN, J.B., EGAN, B. (2015). Resisted Sled Sprint Training to Improve Sprint Performance: A Systematic Review.
30. ROMERO FRANCO, N., JIMÉNEZ REYES, P., BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C. (2016). Sprint performance and mechanical outputs computed with an iPhone app *European Journal of Sport Science*.
31. SALWASSER, S., (2017). Optimización del entrenamiento de sprint y salto basado en perfiles de fuerza-velocidad individuales.
32. SAMOZINO, P., MORIN, J.B. (2018). Biomechanics of Training and Testing Innovative Concepts and Simple Field Methods. *Springer*.
33. SAMOZINO, P., MORIN, J.B. (2015). A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running. *Scand J Med Sci Sports 2016: 26: 648-658*.
34. SAMOZINO, P., MORIN, J.B. (2016). Interpreting Power-Force-Velocity Profiles for Individualized and Specific Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.
35. SÁNCHEZ MEDINA, L. (2016). Effects of resistance training with 20% vs. 40% velocity loss. *ResearchGate*.
36. SIFF, M. y VERKHOSHANSKY, Y. (2000). Superentrenamiento. *Barcelona: Paidotribo*.
37. TOUS FAJARDO, J. (1999). Nuevas tendencias en Fuerza y Musculación. *Barcelona*.
38. ... (2003). Entrenamiento de la fuerza en deportes colectivos. "Disertación doctoral no publicada". *Fundación F.C. Barcelona*.
39. TURNER, A., COMFORT, P. (2018). Advanced Strength and Conditioning. *An Evidence-based Approach. Routledge*.