

# Congreso de Educación Física y Ciencias

14º Argentino, 9º Latinoamericano, 1º Internacional

18 al 23 de octubre y del 1 al 4 de diciembre 2021

Departamento  
de Educación Física

FaHCE



## Entrenamiento complejo (complex training) en el deporte de conjunto.

Francisco Agustín Rodríguez

Universidad Nacional de La Plata

[franarodriguez96@gmail.com](mailto:franarodriguez96@gmail.com)

### Resumen

La presente ponencia pretende aportar información científica y práctica que le permita al interesado comprender el trasfondo de este tipo de estimulación en el entrenamiento de la fuerza; cuya característica principal es el contraste de distintas cargas (altas y más bajas) en la misma sesión. Donde los deportistas podrían verse beneficiados del fenómeno fisiológico denominado potenciación post activación (PAP) con el objetivo de realzar la potencia mecánica y así, mejorar su performance.

**Palabras clave:** Contraste de cargas, potenciación post activación, potencia, rendimiento deportivo, complex training.

### Introducción

En los deportes de conjunto, está bien establecido que factores como la fuerza, potencia, velocidad y cambios de dirección (Change of Direction, de ahora en más COD) son cruciales para el rendimiento deportivo de los jugadores. De hecho, muchas disciplinas deportivas requieren de una elevada producción de fuerza explosiva (Rate of Force Development, de ahora en más RFD) para realizar algunas de sus acciones, como por ejemplo esprintar, para el salto vertical, lanzar, etc. (Cormier, 2020).

Según la literatura científica, los programas de entrenamiento de fuerza y potencia han demostrado ser eficaces para mejorar las capacidades atléticas mencionadas anteriormente (Bauer P, 2019). Algunos de los aspectos neuromusculares que subyacen a estas adaptaciones positivas pueden estar relacionados con cambios en los mecanismos fisiológicos (almacenamiento y utilización de energía), en factores morfológicos (arquitectura muscular o tipo de fibra), y factores neuronales (reclutamiento de unidades motoras, sincronización, frecuencia de disparo). Curiosamente, tanto el entrenamiento de fuerza con intensidades elevadas como el pliométrico o de potencia con cargas no tan elevadas, han demostrado grandes mejoras en los valores de potencia y la RFD. Por tanto, se puede esperar que metodologías de entrenamiento que combinen dichas intensidades también puedan incrementar la performance de los gestos/acciones explosivas del deportista.

En las últimas décadas, distintos métodos de entrenamiento combinado han surgido, con el objetivo de mejorar dichos gestos deportivos; entre ellos: entrenamiento Complejo (ahora en más CPX), entrenamiento de Contraste y Contraste Francés. Estos métodos combinan ejercicios de fuerza con cargas elevadas, y por ende de baja velocidad, y ejercicios pliométricos o de potencia con cargas no tan elevadas, y por ende de alta velocidad, en la misma sesión de entrenamiento. A pesar de sus diferencias, todos persiguen el mismo objetivo: estimular un fenómeno fisiológico denominado Potenciación Post-Activación (de ahora en más PAP) a partir del ejercicio pesado (contracción máxima o cercana) para realzar transitoriamente la RFD y por tanto el rendimiento de la siguiente acción explosiva.

En el siguiente manuscrito se abordará en primer lugar cuestiones generales sobre la PAP, para que el lector comprenda la base fisiológica que subyace al CPX. Además, se abordará con profundidad el CPX para que entrenadores e interesados comprendan de qué se trata y sus posibles aplicaciones prácticas, en los contextos adecuados, con los deportistas adecuados, etc.

### **Potenciación Post-Activación (PAP)**

Como define Tillin (2009) “La potenciación post-activación (PAP) se refiere a los fenómenos por los cuales las características del rendimiento muscular se realzan extremadamente como resultado de su historia contráctil” (p.2). Es decir, un incremento de la respuesta contráctil muscular como consecuencia de una estimulación previa. En la figura 1 podemos ver la PAP de una contracción voluntaria isométrica máxima.

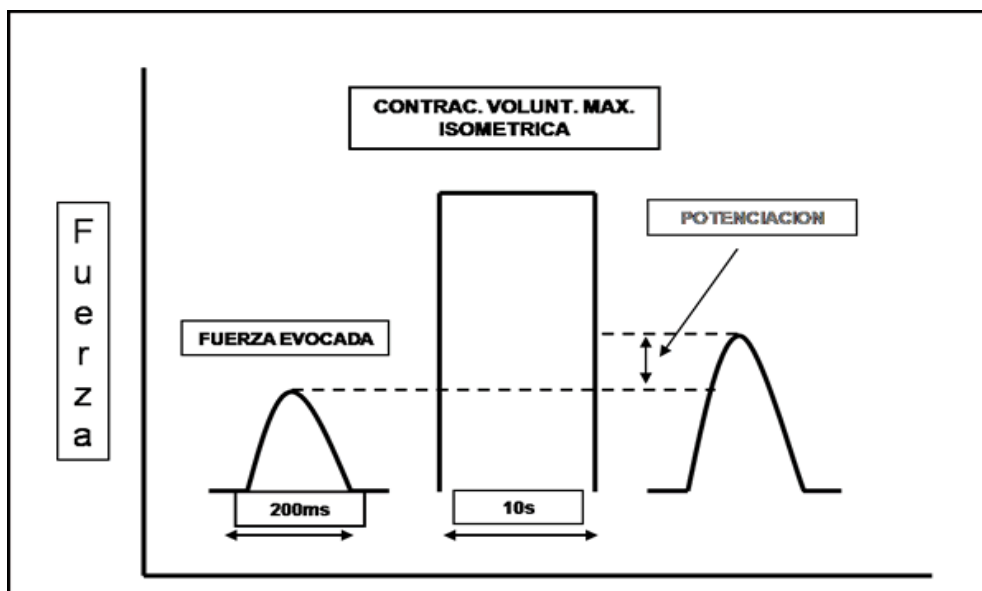


Figura I. Esquema de una potenciación post- activación luego de una CVMI de 10 s. (Bustos, 2013, p.2)

### Mecanismos responsables de la PAP

La literatura científica hasta la fecha, ha propuesto que dos mecanismos principales serían responsables de este fenómeno fisiológico. Por un lado, la fosforilación de las cadenas livianas de miosina reguladoras (de ahora en más CLMr). En segundo lugar, el incremento en el reclutamiento de unidades motoras (de ahora en más UM) de alto umbral.

Para el primer mecanismo, se piensa que, tras la contracción máxima, la fosforilación de las CLMr enfatiza las contracciones musculares subsiguientes debido a la alteración de la estructura de la cabeza de Miosina y el alejamiento de su columna de filamento grueso. Es decir, disminuye la distancia existente entre el filamento fino y el grueso, aumentando así la velocidad a la que puede acercarse a la Actina. Por otro lado, la sensibilidad de la Actina-Miosina al Calcio aumenta; por esta razón, la musculatura respondería más rápido y con mayor cantidad de fuerza a concentraciones submáximas del mismo. Por último, otro de los efectos sería la producción de una mayor cantidad de puentes cruzados activos, lo que también podría explicar en parte el aumento de la fuerza y de la velocidad del gesto que se pretende mejorar (Sale, 2002).

Para el segundo mecanismo, el entrenador Verkhoshansky lo explica en su libro *Superentrenamiento* (2000) basándose en la teoría del *efecto de retardo de la actividad muscular*; donde señala que cualquier estímulo previo a una acción motriz genera una *huella en el sistema nervioso* que permite mantener los niveles de fuerza obtenidos durante un cierto

tiempo y aún mejorarlos. Para Chiu (2003) y Guillich (1996) este mecanismo se explica a través del desencadenamiento del Reflejo de Hoffman. Básicamente, éste produce la acumulación de potenciales de acción en la placa neuromuscular, lo cual desencadena el reclutamiento de una mayor cantidad de UM, luego de la contracción voluntaria máxima (de ahora en más CVM). Ellos plantean que no es posible reclutar todas las UM con acciones motoras voluntarias, sino que quedan unidades motoras en reserva. Desde esta perspectiva, las UM de reserva que se activan como consecuencia de la potenciación son las de mayor tamaño (fibras FT).

### **Entrenamiento Complejo (Complex Training)**

El entrenamiento complejo es un método diseñado para realzar la potencia mecánica y por lo tanto el rendimiento de una actividad deportiva explosiva. Como lo describen Fleck y Kontor (1986), el procedimiento del CPX se realiza mediante el uso de un ejercicio pesado, y por ende de baja velocidad de ejecución, o bien un ejercicio medianamente pesado, como los ejercicios de levantamiento olímpico o derivados (ahora en más DLOP) seguido de un ejercicio más ligero cuyo patrón biomecánico sea similar; éste sería el que se pretende mejorar mediante la PAP. Lo que caracteriza al método no es sólo la similitud biomecánica, sino que, ambos ejercicios se combinan en la misma serie. Es menester comprender esto último, ya que, existen otros métodos similares como el entrenamiento de contraste en donde todas las series del ejercicio pesado se realizan primero para luego realizar todas las series del ejercicio liviano. En el CPX, en cada serie se alternan ambos ejercicios con ciertas pausas de recuperación entre medio para que la posible fatiga generada por el ejercicio condicionante logre disiparse y así, no interferir en el segundo ejercicio el cual debe realizarse sin fatiga y en estado potenciado.

Respecto a la eficacia del método, existe sobrada evidencia científica que revela datos positivos sobre el mismo, es decir, mejorías del ejercicio que se pretende potenciar. En contrapartida, cierta evidencia señala no haber encontrado mejorías, pero aseguran que el CPX no fue contraproducente, sino que parece ser un método viable para combinar fuerza y pliometría o ejercicios de alta velocidad en la misma sesión creando así un entrenamiento más eficiente, ideal para entrenadores que no disponen del tiempo necesario de trabajo con sus deportistas.

## **Variables y limitantes en la magnitud de la PAP en el CPX**

Según la bibliografía, ciertas características de los deportistas afectarían la respuesta de la PAP-fatiga; éstas incluyen a la fuerza muscular, la distribución del tipo de fibras, el nivel de entrenamiento, etc.

Sobre el nivel de entrenamiento, varios estudios han demostrado que los atletas entrenados que participan en actividades deportivas de alto nivel responden más a la PAP que los que participan en entrenamiento contra resistencia recreativo (Gourgoulis, 2003). La causa se debe a su capacidad para reclutar UM más rápido, a una tasa de disparo más alta y más sincronizado. El mismo autor evidencia que los sujetos con mayor fuerza máxima mostraban mayores mejoras en el salto vertical después de un estímulo condicionante que los sujetos con menor fuerza.

Otra propiedad que afecta la PAP es el tipo de fibra muscular y su distribución dentro de un músculo, determinado principalmente por factores genéticos, aunque también por la edad y el nivel de actividad. Hamada (2000) y Chiu (2003) comprueban como los grupos musculares con los menores tiempos de contracción y mayor proporción de fibras rápidas (FT II) muestran la mayor PAP debido a que las fibras rápidas experimentan una mayor fosforilación de las CLMr en respuesta a un ejercicio condicionante.

Una tercera variable es la intensidad del ejercicio condicionante. La mayoría de los autores (Rahimi, 2007; Cormier, 2020; Matthews, 2009) consideran que se necesitan altas cargas relativas para producir la PAP. En términos porcentuales evidencian mejoras del segundo ejercicio del CPX cuando se utilizan cargas entre 75%-90% en el ejercicio condicionante.

### **PAP versus fatiga**

Como explica Sale (2002), existe una coexistencia entre potenciación y fatiga luego del estímulo condicionante (ver figura II). Aunque la fatiga disipa más rápidamente que la potenciación. Sobre este factor, ha habido una amplia gama de sugerencias que proponen tiempos de descanso intrasesión de entre 10 segundos, a 5 minutos, incluso más de 10'. Concluyendo con la bibliografía y con los tiempos de trabajo que poseen los entrenadores, se sugieren descansos de entre 1'-4'.

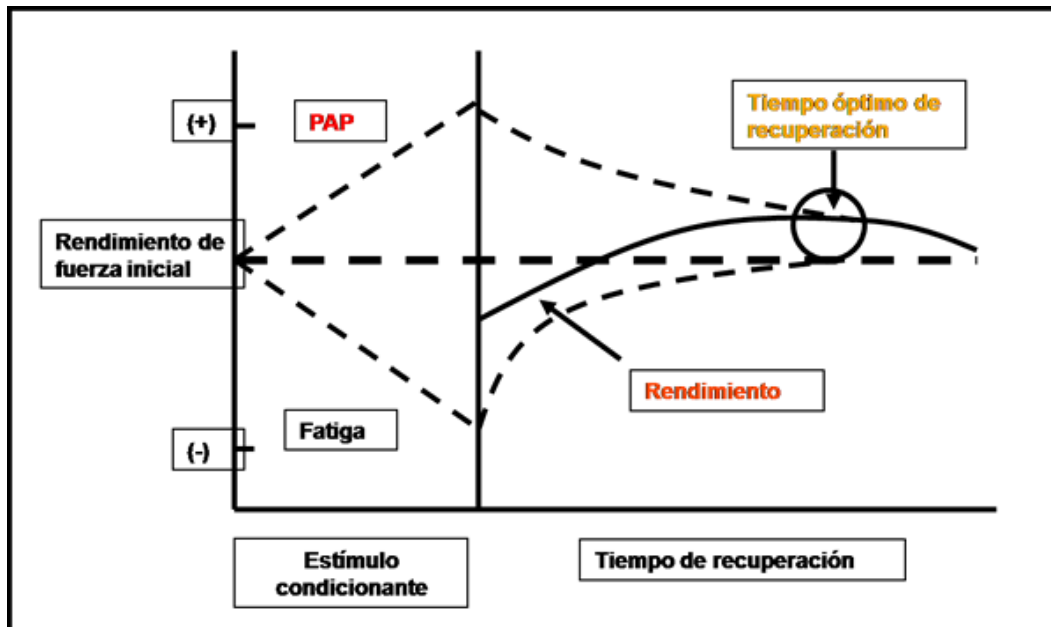


Figura II. Coexistencia entre PAP y fatiga. Modificado de Sale (2002)

### Ejemplos prácticos en la organización del entrenamiento complejo

A continuación, se muestran cuatro ejemplos prácticos a la hora de determinar dosificaciones. Además, se ofrece una tabla (ver Tabla 1) con una gran variedad de ejercicios para conformar el par del CPX; dividida por patrones de movimiento para comprender la similitud biomecánica.

A1) Sentadilla trasera 3 x 3 85% 1RM descanso: 1'-4' A2) CMJ 3 x 5 descanso: 1'

A1) Kb Swing 3 x 5 descanso: 1'-4' A2) Broad Jumps 3 x 5 descanso: 1'

A1) Power Clean 3 x 1 87% 1RM descanso: 1'-4' A2) Depth Jump 3 x 4 descanso: 1'

A1) Bench Press 3x3 85%1RM descanso:1'-4' A2) lagartijas pliométricas 3 x 5 descanso: 1'

Combinaciones para el CPX	
Ejercicios de levantamiento olímpico o DLOP	CMJ; Abalakov; Sentadilla con salto; Drop Jumps.
Ejercicios bipodales MM.II: Sentadilla trasera/Frontal; Trap bar deadlift; Swing; Empuje de trineo.	Mismos que los anteriores + Saltos horizontales bi/unipodales; Saltos reactivos; Aceleraciones lineales.
Ejercicios unilaterales MM.II: Estocadas	Subidas al banco con salto; Saltos

Empuje de MM.SS: Press de banca; lagartijas con carga.	Pase de pecho con pelota; lanzamiento de barra en máquina Smith; Lagartijas pliométricas.
adelante/lateral/atrás; Sentadillas Búlgaras.	laterales/verticales unipodales; salto segundo de triple.

Tabla 1 Variantes de ejercicios para el CPX. A la izquierda los condicionantes y a la derecha los livianos.

## Conclusión

Al implementar el CPX, los entrenadores deben considerar factores como el descanso entre ejercicios, nivel de entrenamiento, niveles de fuerza relativa, selección de ejercicios, cargas, duración de la sesión, así como qué atleta responde a la actividad condicionante (de ser posible). Es importante resaltar que el deportista no debe fatigarse, la sesión no debe inducir fatiga metabólica, y el énfasis está en la alta velocidad y calidad de ejecución. El ejercicio más ligero debe realizarse de forma explosiva a lo largo de todo el recorrido, siendo conveniente la selección de ejercicios balísticos, ya que, no cuentan con fase de frenado en su fase concéntrica. Si bien hace falta mucha más evidencia, tiempos de descanso entre 1'-4' podría ser una buena opción; aunque hay datos que sugieren más tiempo.

Un aspecto que considero fundamental como entrenador de fuerza, es entender que el CPX intenta sacar el máximo provecho del ejercicio pesado. En este sentido, sería inapropiado y contraproducente introducir a un atleta en este método si no cuenta con experiencia previa en la manipulación de cargas elevadas. Del mismo modo, si se encuentran iniciándose en los trabajos pliométricos, sería más apropiado destinar sesiones de entrenamiento para su correcta ejecución con sus respectivas progresiones y regresiones.

Teniendo en consideración todos los aspectos mencionados hasta aquí, me atrevo a decir que el CPX es un método avanzado por lo que, mi sugerencia es no apresurarse por experimentarlo con nuestros deportistas si no cuentan con las adaptaciones necesarias como para afrontarlo. Desde mi punto de vista, se debería comenzar por trabajar la fuerza y la pliometría en series o sesiones separadas, aplicando la correcta sobrecarga progresiva hasta llegar al punto en que nuestros deportistas se encuentren aptos para introducirse al mismo.

## Referencias

Bauer, P. (2019). Combining higher-load and lower load resistance training exercises: A systematic review and meta-analysis of findings from complex training studies

- Bustos, A. (2013). ¿Qué es la Potenciación Post Activación?
- Chiu, L. (2003). Post activation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals.
- Cormier, P. (2020). Complex and Contrast Training: Does Strength and Power Training Sequence Affect Performance Based Adaptations in Team Sports. A Systematic Review and Meta-analysis
- Fleck, S; Kontor, K. (1986). Soviet strength and conditioning: Complex training.
- Gourgoulis, V. (2003). Effect of a submaximal half-squats warm-up program on vertical jumping ability.
- Guillich, A. (1996). MVC-induced short-term potentiation of explosive force. New Studies in Athletics
- Hamada, T. (2000). Post activation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles.
- Matthews, M. (2009). The acute effects of heavy and light resistances on the flight time of a basketball push-pass during upper body complex training.
- Rahimi, R. (2007). The acute effect of heavy versus light-load squats on sprint performance.
- Sale, D. (2002). Post activation potentiation: Role in human performance.
- Tillin, N. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities.
- Verkhoshansky, Y. (2000). Superentrenamiento.