

coactivación – coactivation

Authored by
memjavad

November 17, 2025

RECOMMENDED CITATION

memjavad (2025). *coactivación – coactivation*. Spanish Psychological Databases. Retrieved from <https://spanish.arabpsychology.com/?p=4880>

Coactivación

Primary Disciplinary Field(s): Neurociencia, Fisiología Muscular, Control Motor, Psicología Cognitiva

1. Definición Central

El concepto de **coactivación** se refiere fundamentalmente a la activación simultánea o coordinada de dos o más entidades, sistemas o procesos que, en muchos contextos, podrían esperarse que operaran de manera secuencial o mutuamente excluyente. Aunque el término posee aplicaciones variadas en la biología molecular y la psicología, su uso más prominente y estudiado se encuentra en los campos de la fisiología del ejercicio y el control motor, donde describe la contracción concurrente de músculos que actúan como **agonistas** y **antagonistas** alrededor de una articulación específica. Esta activación dual es un mecanismo neural complejo que el sistema nervioso central (SNC) emplea para modular la rigidez articular, mejorar la estabilidad y garantizar la precisión durante la ejecución de movimientos, especialmente aquellos que requieren alta destreza o que se realizan bajo condiciones de carga o incertidumbre.

A nivel neural, la coactivación se extiende al principio de la operación paralela de distintas poblaciones neuronales o redes cerebrales. Por ejemplo, en el procesamiento cognitivo, la coactivación puede manifestarse como la activación concurrente de áreas cerebrales asociadas con la atención y la memoria de trabajo durante la realización de tareas complejas. Es crucial entender que la coactivación no implica necesariamente un fallo en la inhibición recíproca (el mecanismo estándar por el cual la activación de un grupo muscular inhibe al grupo opuesto), sino más bien una modulación activa de dicho mecanismo por parte de las vías descendentes del SNC, lo que permite un estado de preparación muscular o articular que maximiza la seguridad biomecánica a expensas de una potencial eficiencia energética reducida.

La naturaleza de la coactivación varía significativamente dependiendo del contexto. En el sistema musculoesquelético, se mide a menudo como un índice que cuantifica el grado de superposición temporal y amplitud de la actividad electromiográfica (EMG) de los pares agonista-antagonista. Un alto índice de coactivación es generalmente indicativo de una mayor rigidez articular, lo cual es deseable en situaciones de mantenimiento postural o al interactuar con entornos inestables, mientras que un bajo índice se asocia típicamente con movimientos balísticos rápidos que priorizan la eficiencia y la velocidad. Por lo tanto, la coactivación es una estrategia adaptativa y dinámica del control motor, ajustada finamente en función de los requisitos biomecánicos y los objetivos de la tarea.

2. Etimología y Desarrollo Histórico

La palabra **coactivación** se deriva del prefijo latino "co-", que significa "junto" o "mutuamente", y la raíz "activación", que denota el proceso de poner en funcionamiento o iniciar. Si bien el concepto implícito de la actividad muscular simultánea ha sido reconocido desde los primeros estudios de la locomoción y la postura a finales del siglo XIX, la formalización y el estudio sistemático de la coactivación como un mecanismo de control motor independiente comenzaron a ganar tracción a mediados del siglo XX. Los trabajos pioneros en neurofisiología, particularmente aquellos que exploraban la naturaleza de la [inhibición recíproca](#) (descrita por Sir Charles Sherrington), sentaron las bases para entender el fenómeno opuesto, es decir, cuando la inhibición recíproca es intencionalmente modulada o superada por el SNC.

Durante las décadas de 1960 y 1970, con la mejora de las técnicas de [electromiografía \(EMG\)](#), los investigadores pudieron observar y cuantificar con mayor precisión la actividad de los músculos antagonistas durante tareas motoras específicas. Inicialmente, la coactivación se veía a menudo como un subproducto ineficiente o como un signo de inmadurez del sistema motor, especialmente en niños pequeños o en pacientes con patologías neurológicas. Sin embargo, estudios posteriores demostraron que la coactivación es una característica intrínseca y funcional de movimientos saludables, esencial para tareas como el agarre de objetos frágiles o el mantenimiento del equilibrio en superficies irregulares.

El desarrollo del concepto se consolidó con la aparición de modelos de control motor que incorporaban la noción de rigidez articular controlada. Estos modelos, influenciados por la ingeniería de control, propusieron que el SNC no solo planifica la trayectoria del movimiento, sino también el nivel de impedancia o rigidez deseada en la articulación. En este marco, la coactivación es la principal herramienta fisiológica para ajustar esta rigidez. El entendimiento moderno, por lo tanto, ha pasado de ver la coactivación como un simple "ruido" biológico a reconocerla como una sofisticada estrategia de control que optimiza la interacción cuerpo-entorno.

3. Coactivación en Fisiología Muscular y Estabilidad Articular

En la fisiología musculoesquelética, la **coactivación muscular** (a menudo denominada cocontracción) implica la activación simultánea de músculos que ejercen fuerzas opuestas sobre una articulación. Esta acción dual tiene consecuencias biomecánicas directas y cruciales, siendo la más importante la modulación de la **rigidez articular**. La rigidez se define como la resistencia de la articulación al cambio de posición. Al aumentar la tensión en ambos lados de la articulación (agonista y antagonista), el sistema nervioso aumenta significativamente la rigidez, lo que reduce la susceptibilidad de la articulación a perturbaciones externas.

El papel principal de esta coactivación es proporcionar **estabilidad**. Por ejemplo, en el tobillo o la rodilla, la coactivación es vital durante la fase de apoyo de la marcha o al aterrizar de un salto. Un alto nivel de coactivación en la rodilla (entre el cuádriceps y los isquiotibiales) protege los

ligamentos cruzados al limitar el juego y el movimiento excesivo de traslación, previniendo así lesiones. Este mecanismo protector se activa de manera refleja o anticipatoria (feedforward), dependiendo de la predicción que el SNC haga sobre la inestabilidad potencial. En tareas motoras finas, como la escritura o el uso de herramientas, la coactivación de los músculos del antebrazo y la mano permite un control de fuerza más preciso y la amortiguación de temblores inherentes al sistema.

Aunque la coactivación mejora la estabilidad y la precisión, conlleva un costo energético. La energía metabólica se consume al generar tensión muscular que no necesariamente se traduce en movimiento neto, sino en rigidez. Por esta razón, el SNC tiende a minimizar la coactivación cuando la estabilidad no es una preocupación primordial, como durante movimientos rápidos y balísticos. La optimización de la coactivación es, por lo tanto, un delicado equilibrio entre la **seguridad biomecánica** (alta coactivación) y la **eficiencia metabólica** (baja coactivación). Este equilibrio se ajusta continuamente mediante la retroalimentación sensorial y la experiencia motora previa del individuo.

4. Coactivación en Neurociencia y Procesamiento Cognitivo

Más allá del control motor periférico, el concepto de coactivación se aplica extensamente en la neurociencia para describir la actividad concurrente de diferentes centros neurales. En el contexto de la conectividad funcional cerebral, la coactivación se refiere a la correlación temporal de la actividad entre regiones cerebrales distantes, lo que sugiere que están participando conjuntamente en un proceso cognitivo específico. Esta sincronización es fundamental para la integración de la información y la formación de redes funcionales. Por ejemplo, durante la recuperación de un recuerdo complejo, es común observar la coactivación del hipocampo (memoria) y la corteza prefrontal (ejecución y planificación), demostrando una interdependencia funcional.

En la neurociencia computacional y el aprendizaje, el principio de la coactivación está íntimamente ligado a la [Regla de Hebb](#), a menudo resumida como "las neuronas que se disparan juntas, se conectan entre sí" (*neurons that fire together, wire together*). La coactivación repetida de dos neuronas o poblaciones neuronales refuerza las sinapsis entre ellas, un proceso conocido como potenciación a largo plazo (LTP), que es el sustrato celular del aprendizaje y la memoria. Por lo tanto, la coactivación no es solo un estado funcional, sino un motor de la plasticidad cerebral, permitiendo que las redes neurales se adapten y optimicen su procesamiento de la información.

En el ámbito de la psicología cognitiva, la coactivación explica fenómenos como la preparación o el *priming* semántico. Cuando se presenta un estímulo (por ejemplo, la palabra "médico"), se coactivan inmediatamente conceptos relacionados ("enfermera", "hospital", "salud") en la red semántica del individuo. Esta activación paralela facilita el procesamiento subsiguiente de

información relacionada y demuestra que el cerebro opera mediante la activación distribuida y concurrente de nodos conceptuales, en lugar de un procesamiento estrictamente serial. El grado y la extensión de esta coactivación cognitiva son indicadores clave de la eficiencia del acceso léxico y la organización del conocimiento.

5. Medición y Metodologías de Cuantificación

La coactivación es un parámetro fisiológico que debe ser rigurosamente cuantificado para el análisis científico. La metodología estándar para medir la coactivación muscular es la **electromiografía (EMG)** de superficie o intramuscular. Se colocan electrodos sobre los vientres musculares del par agonista-antagonista y se registra la actividad eléctrica durante la ejecución de la tarea motora. Dado que la señal de EMG es inherentemente ruidosa y variable, se requiere un procesamiento sofisticado, incluyendo la rectificación y el filtrado, para obtener una señal representativa de la activación muscular.

Para obtener un valor único que represente el grado de coactivación, se utilizan diversos **Índices de Coactivación (CI)**. Estos índices generalmente comparan la amplitud de la señal EMG del músculo antagonista con la del agonista, o la superposición de sus patrones de activación. Una fórmula común implica normalizar la actividad EMG del antagonista (A_{ant}) respecto a su activación máxima voluntaria (MVC_{ant}) y compararla con la actividad del agonista (A_{ago}). La normalización es crucial, ya que permite la comparación entre diferentes sujetos y diferentes grupos musculares, asegurando que el índice refleje el esfuerzo relativo y no solo la magnitud absoluta de la señal eléctrica.

Otras técnicas de medición incluyen la evaluación de la rigidez articular mediante perturbaciones mecánicas controladas, y el uso de técnicas de imagen cerebral como la resonancia magnética funcional (fMRI) o la electroencefalografía (EEG) para medir la coactivación neural. Mientras que la fMRI ofrece una excelente resolución espacial para identificar las regiones cerebrales coactivadas, el EEG proporciona una alta resolución temporal crucial para analizar la sincronización de las ondas cerebrales, que es la manifestación directa de la coactivación funcional de las redes neurales. La elección del método depende de si el foco está en el resultado biomecánico (rigidez), la actividad muscular (EMG), o la organización central (fMRI/EEG).

6. Significado Clínico y Aplicado

La coactivación tiene un profundo significado clínico, especialmente en el diagnóstico y la rehabilitación de trastornos neuromusculares. En pacientes que han sufrido un **accidente cerebrovascular (ACV)** o que padecen **parálisis cerebral**, a menudo se observa una coactivación excesiva y descontrolada. Esta coactivación patológica es frecuentemente el resultado de una pérdida de la capacidad del SNC para modular la inhibición recíproca, lo que

resulta en movimientos rígidos, ineficientes y difíciles de iniciar. La rehabilitación se centra, en parte, en reentrenar al sistema motor para reducir esta coactivación inapropiada y restaurar la selectividad muscular.

En el ámbito de la medicina deportiva y la prevención de lesiones, la coactivación es un factor protector clave. Un entrenamiento que promueve la coactivación anticipatoria de los músculos alrededor de articulaciones vulnerables (como la rodilla) puede reducir el riesgo de lesiones de ligamentos, especialmente en deportes que implican cambios rápidos de dirección o aterrizajes dinámicos. Por otro lado, la coactivación excesiva o mal temporizada puede ser perjudicial, limitando el rendimiento atlético al aumentar la fatiga muscular y reducir la velocidad máxima de movimiento debido al efecto de frenado impuesto por el antagonista.

Además, la coactivación es un parámetro esencial en la ingeniería de la rehabilitación y la robótica. Para diseñar prótesis o exoesqueletos que interactúen de manera natural con el usuario, es fundamental modelar y predecir los patrones de coactivación muscular. La comprensión precisa de cuándo y por qué el cuerpo humano elige una estrategia de alta rigidez (coactivación) frente a una de alta eficiencia (inhibición recíproca) permite la creación de interfaces humano-máquina más intuitivas y funcionales, mejorando la calidad de vida de las personas con discapacidades motoras.

7. Debates y Conceptos Relacionados

Uno de los debates centrales en torno a la coactivación se refiere a su interpretación como un mecanismo de **ineficiencia** versus un mecanismo de **control óptimo**. Históricamente, se criticaba por ser metabólicamente costosa. Sin embargo, la perspectiva moderna la considera una solución óptima del SNC a problemas de control bajo incertidumbre. Cuando el cerebro no tiene información sensorial perfecta sobre la carga o la posición de la articulación, o cuando el entorno es impredecible, la estrategia más segura es aumentar la rigidez mediante la coactivación, minimizando así el error de movimiento potencial a pesar del costo energético.

La coactivación está intrínsecamente relacionada y a menudo contrastada con la **inhibición recíproca**. Mientras que la inhibición recíproca es el mecanismo predeterminado que asegura que los músculos opuestos no se obstaculicen mutuamente durante el movimiento, la coactivación representa la capacidad del sistema de control de anular o modular temporalmente esa inhibición. Ambos mecanismos son esenciales, y su equilibrio dinámico define la calidad y el propósito del movimiento. Un sistema motor saludable es aquel que puede cambiar flexiblemente entre estos dos estados.

Otro concepto relacionado es el de **sinergia muscular**. Las sinergias describen cómo múltiples músculos se agrupan funcionalmente para resolver problemas de redundancia motora. La coactivación puede considerarse una sinergia específica de dos músculos opuestos, donde el

objetivo de la sinergia no es el movimiento, sino la estabilización. Los debates actuales en el control motor exploran si la coactivación es siempre una respuesta reactiva a la inestabilidad o si puede ser una estrategia proactiva aprendida (un "patrón de sinergia" preestablecido) que se utiliza automáticamente en contextos específicos, como el levantamiento de pesas o el mantenimiento de posturas complejas.

Further Reading

[Control motor \(Wikipedia en español\)](#)

[Muscle co-contraction \(Wikipedia en inglés\)](#)

[Fisiología muscular \(Wikipedia en español\)](#)

ARABPSYCHOLOGY.COM