

Fuerza Máxima

Descifrando la Clave del Sistema Nervioso

por Kevin Neeld

Todos lo hemos oído antes: A fin de maximizar el reclutamiento de unidades motoras usted necesita....(inserte aquí su recomendación favorita). Si reclutar un cierto número de unidades motoras permite cierta cantidad de producción de fuerza, entonces reclutar más permitiría más producción de fuerza. Suena lindo!

Mientras que aumentar el reclutamiento de unidades motoras es una estrategia neural para aumentar la producción de fuerza, no es la *única*, y tiene poco que hacer con los aumentos en la producción de fuerza máxima.

Vamos a prepararnos para desmenuzar el papel del sistema nervioso en la producción de fuerza y aprender como manipularlo para mejorar nuestra fuerza.

Conozca Su Sistema Nervioso

A fin de comprender como se adapta el sistema nervioso, deberemos estudiar algo de neuroanatomía y fisiología básica. Ya se que anatomía y fisiología pueden ser materias intimidantes (o aburridas), pero traten de seguirme.



Lo primero que necesitan entender es que usted no recluta fibras musculares, usted recluta unidades motoras. Una unidad motora es una moto-neurona y todas las fibras musculares que inerva. Todas las moto neuronas están localizadas en la cuerda ventral (frontal) de la medula espinal. Los axones de estas se extienden y dividen para conectarse con las fibras musculares individuales.

Si una unidad motora se recluta, *todas* las fibras musculares que son inervadas por esa moto neurona en particular producen fuerza. Esto significa que, a menos que una unidad motora consista en una moto neurona conectada a una fibra muscular (hasta donde yo se, esto nunca se ha documentado en humanos), es imposible reclutar fibras musculares individuales.

La unidad motora es la unidad funcional más básica del sistema nervioso, entonces es importante concentrar su mente en eso. Se entiende? Okay, pasemos a cosas mas complejas.

La mayoría de las señales motoras se originan en la corteza motora. En general, las señales descendientes se originan en la corteza motora, viajan hacia abajo por una vía corticoespinal, y sinapsan (se conectan) con una moto neurona en la cara ventral de la medula espinal. La moto neurona luego envía el mensaje a la fibra muscular, causando la producción de fuerza.

Nota Al Margen sobre La Contracción Muscular

Habría notado que sigo diciendo que las fibras musculares producen fuerza y *no* que se contraen. Por que? Cuando la mayoría de la gente oye “contraer” piensan en acortamiento. Los músculos pueden producir fuerza mientras se acortan (concéntrica), mientras se alargan (excéntrica), o sin cambiar de longitud (isométrico). Lo que muy poca gente se da cuenta es que durante los movimientos, mientras el tamaño total del músculo aumenta, la fibra muscular puede en realidad estar acortándose.

Aunque la discusión sobre la paradoja del movimiento de contracción y elementos elásticos del músculo va más allá de nuestro foco, quiero tocar ese tema por una razón. Nosotros no necesariamente sabemos si los elementos contráctiles del músculo se acortan o no durante varios movimientos. Nosotros sabemos que, ya sea que el músculo se acorte o estire, o no cambie de longitud, las fibras musculares están produciendo fuerza.

Balanceando Excitación e Inhibición

Estamos de vuelta. Ahora que usted tiene una mejor idea de las vías de conexión del cerebro al músculo, podemos pasar a la discusión sobre los sitios de adaptación neural.

En general, el sistema nervioso balancea la excitación (+) e inhibición (-) para lograr el resultado deseado. Se ha documentado una excitabilidad aumentada de las corticomotoneuronas en la corteza motora y las moto neuronas de la medula espinal

luego del entrenamiento. (1,2) Si una neurona se vuelve más excitable, cualquier señal resultará en una mayor respuesta.



Una Neurona Excitada

Esto puede ser un poco confuso. Encontré un ejemplo con unidades arbitrarias (UA) que usualmente ayuda a esclarecer esto. Digamos que hay 5 UA que alcanzan una moto neurona en la medula espinal. Las moto neuronas procesan estas 5 UA y envían 5 UA al músculo.

Catorce semanas de entrenamiento mas tarde, la excitabilidad de estas moto neuronas aumenta. Ahora, para las mismas 5 UA que alcanzan la moto neurona en vías descendentes (desde la corteza motora hacia abajo), se envían 8 UA al músculo. Más UA al músculo significa más producción de fuerza!

Otras adaptaciones posibles involucran una menor inhibición de las células de Renshaw, órganos del Tendón de Golgi (receptores de tensión muscular), receptores cutáneos y otros receptores, y menor influencia de áreas supraespinales (o sea, cerebro). Aquí es donde las cosas se ponen un poco complejas.

La idea de un aumento en la producción de fuerza debido a la menor inhibición es algo similar al ejemplo de arriba, pero agregamos algunos caracteres más. Si 5 UA dejan la corteza motora en su camino hacia la moto neurona, es posible que solo 3 UA alcancen la moto neurona, debido a alguna forma de inhibición.

La inhibición que ocurre antes de que la señal alcance la moto neurona se denomina inhibición presináptica. Una menor inhibición siguiente al entrenamiento puede resultar en 4 UA que llegan a la moto neurona. Mas UA hacia la moto neurona típicamente

significa mas UA al músculo. Definitivamente, este es un ejemplo muy simplista de la inhibición, pero para nuestro propósito de comprender el asunto, sirve.

Están allí todavía?

La razón por la cual esta idea de excitación e inhibición puede ser algo compleja se debe a la organización sináptica del sistema nervioso. Esencialmente, nada es tan básico como los dos ejemplos que mencione arriba. Como ilustración de tal complejidad, demos una mirada a la célula de Renshaw, denominada así en honor al (sí, lo adivinaron...) Dr. Renshaw.

La célula de Renshaw es una interneurona espinal. Cuando una moto neurona en la medula espinal envía una señal al músculo, también envía una señal a la célula de Renshaw. La célula de Renshaw en realidad se reconecta hacia atrás con la moto neurona que la excita, y la inhibe! La moto neurona excita la célula de Renshaw; la célula de Renshaw inhibe a la misma moto neurona. Esto se conoce como inhibición recurrente, que sigue una vía neural diferente a la inhibición presináptica.

Por que tenemos esta aparente conexión ridícula? La presencia de las células de Renshaw permite los cambios en la corta latencia (rapidez) en la señal de la moto neurona. Si la señal de la moto neurona resulta en demasiada producción de fuerza para realizar una tarea en particular, la inhibición de la célula de Renshaw puede disminuir la cantidad de esa señal muy rápidamente, en vez de tener que esperar que su cerebro procese la situación y envíe una nueva señal.

La cantidad y calidad de señales de una moto neurona también se ve afectada por las vías sensoriales de los receptores de la piel, articulaciones, complejos músculo-tendinosos (husos musculares y órgano del tendón de Golgi), y el sistema vestibular. Pero dejaremos eso para otro día.

Eso es una introducción relativamente básica al sistema nervioso. Si la producción de fuerza máxima es nuestra meta, la máxima excitación y mínima inhibición deben ser las estrategias a elegir.



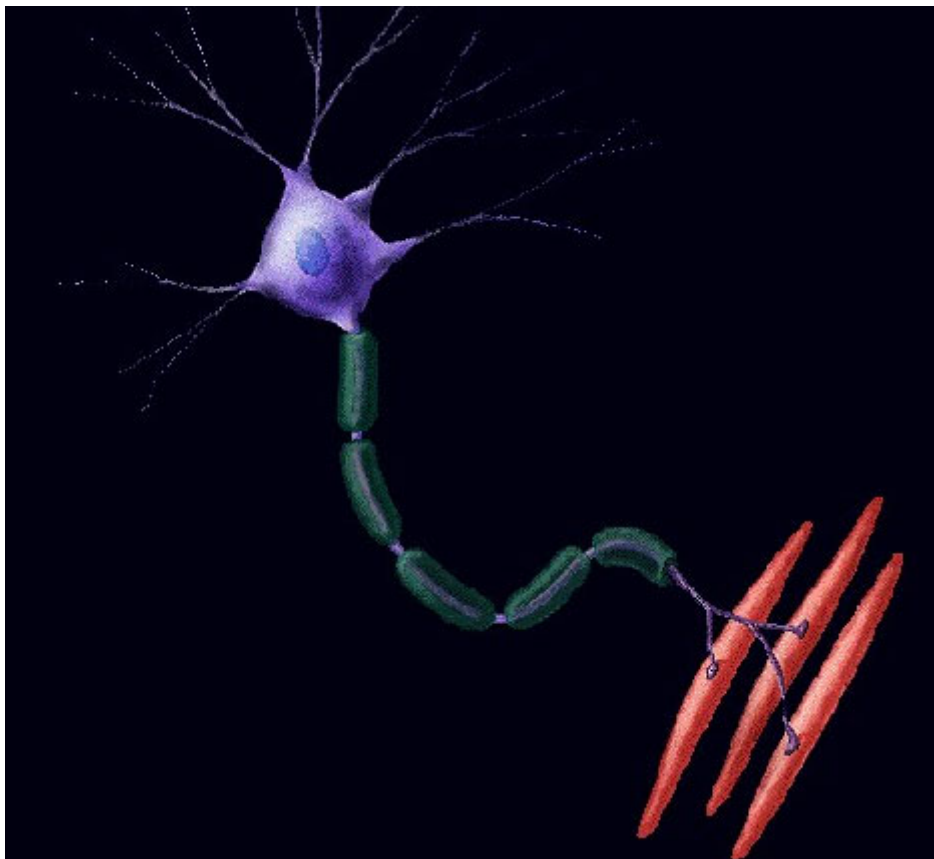
Graduación de la Fuerza Máxima

La mayoría de ustedes probablemente este mas interesado en como funciona el sistema nervioso para producir y graduar (o controlar) la fuerza muscular. Hay cinco maneras principales en las que el sistema nervioso hace eso:

1. Reclutamiento de Unidades Motoras
2. Tasa de Codificación
3. Sincronización de Unidades Motoras
4. Doble Disparo
5. Alteraciones en la Actividad Antagonista

Reclutamiento de Unidades Motoras

Como sabemos, es imposible reclutar fibras musculares individuales. En cambio, reclutamos unidades motoras. Las unidades motoras se reclutan en un patrón muy especifico, desde las mas pequeñas a las mas grandes (3,4), basándose en el tamaño del cuerpo celular de la moto neurona.(5,6).Esto significa que las mayores unidades motoras *no pueden* reclutarse a menos que las mas pequeñas se hayan activado antes y permanezcan activas.



Recuerde, una unidad motora consiste en una moto-neurona y todas las fibras musculares que conecta

Es relevante en cuanto a este tema, he oído entrenadores hablar sobre la idea de atacar las unidades motoras de bajo umbral por medio de entrenamientos de baja intensidad para lograr hipertrofia de las fibras musculares inervadas (supuestamente fibras musculares de contracción lenta). Con suerte alguien me podrá explicar mejor ese concepto para que lo entienda...

Las unidades de alto umbral de excitación no son reclutadas a menos que la tarea demande una mayor cantidad de fuerza de las que las de bajo umbral son capaces de producir. Esto significa que cuando las unidades motoras de alto umbral son reclutadas, las de bajo umbral están activas y codificando en su grado máximo.

Consecuentemente, ejercicios de alta intensidad llevan a adaptaciones en unidades motoras de bajo y alto umbral de excitación. Entrenamientos de baja intensidad solo producen adaptaciones en unidades de bajo umbral. Si la máxima producción de fuerza por medio de adaptaciones neurales es su objetivo, los entrenamientos de baja intensidad parecen ilógicos.

Unidades motoras pequeñas producen pequeñas cantidades de fuerza, pero son resistentes a la fatiga. Unidades motoras grandes producen mayores cantidades de fuerza, pero son altamente fatigables. Algunos de ustedes pueden estar leyendo esto y pensar, que esta idea de baja fuerza/baja fatiga y mucha fuerza/mucha fatiga suena como las propiedades de las fibras musculares de contracción lenta y contracción rápida. Algunos años atrás, yo hubiera estado de acuerdo con ustedes.

Pero ahora, la investigación nos ha demostrado que cambiando la conexión de los nervios de fibras musculares de contracción lenta y de contracción rápida, resulta en una fibra de contracción lenta produciendo grandes cantidades de fuerza y una de contracción rápida produciendo bajos niveles de fuerza (7,8). Solo para embromar a todos los fisiólogos musculares, parece que la capacidad de producción de fuerza de una fibra muscular depende principalmente de su innervación neural!

Tasa de Codificación

La tasa de codificación simplemente describe la frecuencia de descarga de la unidad motora. Una vez reclutada la unidad motora, codifica a una tasa rápidamente incremental para producir aumentos mayores de fuerza. Cuando una unidad motora alcanza su máxima tasa de codificación, se reclutan unidades motoras adicionales si fuera necesaria más producción de fuerza.

Sincronización de Unidades Motoras

La sincronización es una ocurrencia interesante que no ha recibido suficiente atención en la investigación de calidad. Básicamente, la sincronización de unidades motoras se trata de dos unidades motoras disparando al mismo tiempo o a una latencia muy corta (menos de cinco milisegundos). Esto produce un rápido incremento en la producción de

fuerza, por que el segundo disparo es capaz de sacar ventaja de la mayor rigidez muscular creada por la primera contracción.

Un estudio demostró que levantadores de pesas entrenados tenían mas sincronización que músicos habilidosos (mano dominante y no-dominante) y personas no entrenadas (mano dominante solamente).(9).

Es una deducción lógica que el entrenamiento resulta en mayor sincronización. Mientras que la investigación en este área es muy poca, otro estudio halló que 12 semanas de entrenamiento dinámico no aumentaba la sincronización de unidades motoras (10)

Es posible que algunas personas tengan más sincronización y se inclinen hacia el levantamiento de pesas porque tienen mas habilidad para producir fuerza, pero no me convence del todo ese argumento. Los cambios en la sincronización posteriores al entrenamiento necesitan mucha mas investigación.

Doble Disparo

El Doble Disparo involucra la misma unidad motora descargando a una latencia mas corta que la normal. Por ejemplo, si una unidad motora esta disparando cada 15 milisegundos, y luego dispara otra vez en 3 milisegundos, los dos disparos de latencia corta serán consideradas una Doble.

El Doble disparo también produce rápidos aumentos de producción de fuerza, porque el segundo disparo es capaz de tomar ventaja de la mayor rigidez muscular y mayores aumentos de calcio disponible resultantes del primer disparo.



Dobles: son dos veces más buenas.

Las Dobles usualmente son seguidas por una latencia mas larga de lo normal antes del próximo disparo (11). A pesar de este largo periodo sin disparar, la mayor producción de fuerza se mantiene, aun después de retomarse el patrón normal de descarga. La investigación ha demostrado mayor ocurrencia de dobles disparos en contracciones balísticas comparadas con contracciones lentas y un aumento de Dobles posteriores al entrenamiento balístico. Esto respalda la idea de que es una estrategia neural eficiente para aumentos rápidos de producción de fuerza.(10)

Alteraciones en la Actividad Antagonista

Esta idea es bastante clara y directa. Si usted quiere hacer una flexión de bíceps, querrá máxima activación de sus bíceps y mínima activación de sus tríceps, porque la actividad de los tríceps de alguna manera cancelará la producción de fuerza de sus bíceps.

Yéndonos a otro ejemplo de unidades arbitrarias: Si sus bíceps están produciendo 15 UA para crear flexión de codo y sus tríceps están produciendo 5 UA, el efecto neto serán 10 UA de flexión de codo. Si anulamos la actividad del tríceps a 2 UA, el efecto neto serán 13 UA de flexión de codo, lo cual significa mover mas peso!

Hay cierta investigación que sugiere que el entrenamiento lleva a disminuir la actividad antagonista.(12)

Quiero remarcar que algo de actividad antagonista puede ser necesario para la estabilidad articular. Un gran ejemplo de esto son los músculos alrededor de la rodilla. La producción de fuerza de los cuádriceps resulta en una traslación anterior de la tibia. Mientras su ligamento cruzado anterior (LCA) ayuda a prevenir un movimiento excesivo en esa dirección, cierta cantidad de actividad de los isquiotibiales ayudará a detener la tensión del LCA y mantener las rodillas saludables.

Permanezcan en contacto.

En el próximo artículo voy a detallar un hecho que frecuentemente es pasado por alto en el mecanismo neural detrás de la producción de fuerza. O sea: La razón por la cual la fuerza máxima no mejora con el reclutamiento!



Kevin Neld, CSCS, ha ayudado a atletas de todas las edades a alcanzar su potencial atlético.

Por medio de la aplicación de la anatomía funcional, biomecánica, y control neural, Kevin se especializa en guiar atletas hacia una salud y rendimiento óptimos. Puede contactarse vía e-mail en kn@prodigyperformancetraining.com o a través del sitio Web de su compañía en <http://www.prodigyperformancetraining.com/>.

(Traducción al español: Javier J. Sáez)
drjaviersaez@hotmail.com