

FUNDAMENTOS DE LA MECÁNICA DEL EJERCICIO

LUCAS LEAL
DANIEL MARTÍNEZ
EDUARDO SIESO

Título: **Fundamentos de la Mecánica del Ejercicio.**
Autores: **Lucas Leal, Daniel Martínez, Eduardo Sieso.**
Ilustraciones: **Àlex Santaló.**

© Resistance Institute (Sarria Fitness S.L.)
Primera Edición: 2012
ISBN: 978-84-615-8003-3
Depósito legal: B. 28380-2012

Quedan rigurosamente prohibidas, sin autorización escrita de los titulares del *copyright*, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidas la reprografía y el tratamiento informático así como la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo público.

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN A LOS FUNDAMENTOS DE LA MECÁNICA DEL EJERCICIO

1.1 Introducción a los fundamentos de la mecánica del ejercicio	7
---	---

2 FUNDAMENTOS DE LAS FUERZAS Y PROPIEDADES DE LAS CARGAS

2.1 ¿Qué es la fuerza?	15
2.2 Fuerzas y vectores	16
2.3 Fuerzas externas e internas. “Esta no es la cuestión”	19
2.4 Fuerzas: diferentes nombres en función del contexto	19
2.5 Creando resistencias	26
2.6 Tipos de cargas	27
2.7 El cuerpo humano no solo responde a las fuerzas del exterior... La intención también crea respuestas inerciales reactivas	44

3 SISTEMAS DE PALANCAS

3.1 Creando sistemas de palancas. La unión	47
3.2 Uniones en el cuerpo humano (Artrocinemática)	51
3.3 Artrocinemática del ejercicio físico y la salud	61
3.4 Las direcciones anatómicas	66
3.5 Los ejes y planos de movimiento	67
3.6 Cinética de los sistemas de palancas (uniones)	79
3.7 Progresión didáctica en el aprendizaje de los sistemas de palancas para la aplicación en el ejercicio físico	83
3.8 Perfil de resistencia y sistemas de palancas	108
3.9 Velocidad e introducción a la mecánica dinámica	110

4 FUNCIÓN MUSCULAR Y CONTROL ARTICULAR

4.1 Creando fuerzas internas	119
4.2 Músculo esquelético: estructura y función	119
4.3 Estructura y capacidad contráctil	120
4.4 Control neurológico	123
4.5 Fuerza muscular y características mecánicas	128
4.6 Negociando con fuerzas y participación muscular	153
4.7 Quinesiología tradicional y participación muscular	171
4.8 Estabilidad y entrenamiento con resistencias: negociando con fuerzas	176
4.9 Control muscular	182

Bibliografía	188
--------------	-----





1.1 INTRODUCCIÓN A LOS FUNDAMENTOS DE LA MECÁNICA DEL EJERCICIO

“Con la edad que tengo, seguramente la aceptación universal de lo que estamos haciendo ahora no se producirá en vida mía; pero llegará, porque lo que hacemos se establece claramente mediante simples leyes de física elemental que no pueden negarse hasta el fin de los tiempos”

Arthur Jones

“Corría el año 2001 cuando empecé a ver el ejercicio con nuevos ojos, alejándome de la visión tradicional basada en las cualidades físicas básicas y el trabajo por grupos musculares. Es a partir de aquí cuando inicié un peregrinaje en el aprendizaje de los fundamentos de la Física e Ingeniería para aplicarlos al cuerpo humano, ya que me percaté de que el ejercicio y la Ingeniería tenían mucho que ver y que se abría una nueva perspectiva en las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte”

Lucas Leal

Ya hace más de una década que empezó el periplo en este apasionante viaje dedicado a la Mecánica del Ejercicio. Ahora los autores se disponen a explicar su visión sobre como ven el Ejercicio Físico y realizarán aportaciones para intentar mejorar su aplicabilidad por parte del sector.

EL EJERCICIO VISTO CON NUEVOS OJOS

Es muy común en el sector del ejercicio que muchas personas cierran los ojos ante la evidencia de la **Física** y ante el difícil o casi imposible reto de entender la ingeniería más compleja jamás creada: la Ingeniería Humana. Un reto obligado para poder estudiar una de las ramas menos exploradas de la Biomecánica: **la Mecánica del Ejercicio**. Un área que muestra la importancia del conocimiento sobre las fuerzas que se aplican, generan y toleran en el cuerpo.

No obstante, el premio a tanto esfuerzo es grande. El conocimiento en profundidad de la Mecánica del Ejercicio hará al profesional del ejercicio y la salud ver las cosas desde una perspectiva completamente diferente; ver con nuevos ojos, lo que se traducirá en una mejor capacidad de analizar lo “invisible” que hay detrás de cualquier ejercicio, método, máquina...

Se compara muchas veces este razonamiento mental que se consigue al entender en profundidad esta rama con lo que les sucede a los protagonistas de la película **Matrix**, ya que las fuerzas no se suelen ver, aunque siempre están y son las responsables de cualquier cambio que sucede en nuestro cuerpo. Si el profesional del ejercicio es capaz de: ver y manipular estratégicamente las fuerzas aplicadas, conocer la adecuada respuesta neuromuscular a estas, valorar sus propiedades y efectos, entender la tolerancia de la estructura a dichas fuerzas, comprender la estructura humana y sus sistemas de control de las fuerzas, entonces habrá encontrado el camino hacia el conocimiento de la Mecánica del Ejercicio en profundidad y podrá entender el ejercicio más allá de los mitos existentes y con unos nuevos ojos que le darán un mejor criterio para analizar los fundamentos del ejercicio físico.

FUERZAS Y MECÁNICA DEL EJERCICIO

El cuerpo humano no sabe nada de métodos ni nombres de marketing, simplemente, controla y mueve el sistema músculo-articular ante los diferentes retos/estímulos que se le crean, que no son más que fuerzas, para poder garantizar la integridad del cuerpo y conseguir la motricidad necesaria.

Para comenzar, el profesional del ejercicio debería plantearse la siguiente pregunta:

¿Qué es ejercicio?

Si se intenta responder a dicha cuestión desde el punto de vista de la Física, será posible encaminarse hacia un cambio de paradigma, una nueva visión sobre nuestro trabajo como profesionales del ejercicio.

Parece una respuesta sencilla y bastante obvia (existen muchas definiciones) pero aún es posible simplificarla mucho más:

- **Ejercicio: Fuerza intencionada** aplicada a una **estructura** en un escenario específico con el objetivo de generar una **adaptación**.

Si se consigue comprender la magnitud de esta definición se podrá ser capaz de ver el ejercicio de forma muy diferente a como se está haciendo hasta el momento.

En cualquier ejercicio existen fuerzas. Estas fuerzas afectan a nuestro cuerpo o el de nuestros clientes y siempre son aplicadas con el objetivo de generar una adaptación.

La base de este enfoque es la siguiente: el **ejercicio** tiene que ver con **fuerzas**, o lo que es lo mismo, **sin fuerzas no hay ejercicio**.

Por lo tanto, se debe considerar la **fuerza** como único instrumento **centralizador** del estímulo que crea **adaptaciones**.

Para seguir avanzando, es clave comprender que las clasificaciones que existen y que intentan posicionar a los “distintos tipos de ejercicios” (ejercicio aeróbico, ejercicio de fuerza, potencia...) en función del **objetivo** a conseguir no son más que **manifestaciones de la fuerza en diferentes escenarios**.

Solamente llegando a la comprensión profunda de las leyes de Newton y a la aplicación real de los principios de la Física Mecánica, se llegará a ver cómo muchas cosas cambian. Y en lugar de verse ejercicios de flexibilidad/estiramientos, ejercicios de resistencia, de propiocepción..., se verán diferentes **escenarios de fuerza**.

Todo aquel que consiga comprender y asimilar lo que hay detrás de la citada definición, obtendrá una nueva visión del ejercicio, con todo lo que ello conlleva. Esto significa que existe la opción de manipular todas las variables mecánicas que afectan al **estímulo**, consiguiendo así una mayor **especificidad** y mejores **resultados**. De esta forma, el profesional puede crear ejercicios y conseguir incrementar la especificidad e idoneidad de su aplicación de resistencias con clientes. La única forma de conseguir esto es siendo capaz de aplicar bases y razonamiento, siendo crítico con la gran cantidad de información (en muchas ocasiones contradictoria y con escaso fundamento) y no dependiendo de libros o estudios publicados, donde se establezca lo que se debe hacer o no, como si de un dogma se tratase.

Se necesitan **fundamentos** para poder crear **estímulos** adecuados y si un **estímulo** tiene que ver con **fuerzas**, es “la obligación moral” de cualquier profesional conocer lo máximo posible sobre ellas. Por tanto... manos a la obra...

¿Es posible “ver” fuerzas cuando se trabaja con clientes?

Cualquiera de los escenarios que hasta el momento el lector haya creado como profesional del ejercicio se podría desgranar desde un punto de vista mecánico, “viendo” las fuerzas que están interviniendo y que crean el estímulo.

Comprender y analizar los diferentes escenarios de fuerza es el primer paso para estar más cerca de la **realidad**. Sin la comprensión y el control de las variables mecánicas que afectan a un ejercicio, difícilmente conseguiremos **optimizar** nuestro trabajo y ofrecer un buen servicio a los clientes.

El primer paso es ser capaces, como se ha dicho anteriormente, de realizar un análisis de cualquier ejercicio desde el punto de vista de la Física. Segundo paso, y aún más importante, es ser capaces de **manipular las variables** para poder crear escenarios ideales en función del objetivo a conseguir.

Ver el ejercicio con **nuevos ojos** consiste en no dejarse influir por clasificaciones o nombres de marketing, pudiendo así determinar y analizar el trabajo realizado y tomar decisiones autónomamente. De esta forma aparecen infinidad de opciones con las que dominar y disfrutar esta **profesión**.

Cuando llega información sobre ejercicios, máquinas o métodos clasificados como **indicados** o **contraindicados** ¿se ha planteado alguna vez lo comentado anteriormente?

Si se entiende el ejercicio como la aplicación de fuerzas en diferentes escenarios, ¿resulta tan sencillo decir si un ejercicio es **bueno** o **malo**?. Hablar de los **beneficios** o **perjuicios** de un ejercicio es inadecuado y, sin embargo, es algo que está a la orden del día en nuestro sector. Mel C. Siff (antiguo profesor de la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Witwatersrand en Johannesburgo y famoso por publicar, junto al doctor Verkhoshansky, el libro titulado *Supertraining*) publicó la siguiente frase:

*“...hemos de estar mucho más lejos de realizar **generalizaciones frívolas** y **no específicas** sobre la **superioridad e inferioridad**, **seguridad** o **riesgos** de un **ejercicio determinado**, porque los efectos de todos los **ejercicios** son dependientes de la situación, **contexto**, **tiempo** e **individuo**.”*

A pesar de que es algo habitual en nuestro sector, querer hacer un estudio sobre los beneficios de cualquier ejercicio de forma genérica es realmente **frívolo e inespecífico**. Muchas veces se olvida que las generalizaciones son totalmente **inespecíficas** y que se ha de observar y evaluar el **contexto específico**.

El estado del **individuo** es una de las partes más importantes y nunca debe dejarse de lado.

Si somos capaces de entender en profundidad esto, es fácil afirmar que el concepto que subyace tras el nombre comercial “ejercicio funcional” no existe en sí mismo (ya que para que un ejercicio sea funcional lo debe ser en un contexto específico, para un individuo específico...). No se está criticando en sí el ejercicio funcional. Simplemente se intenta resaltar que es un nombre comercial (que no le confiere ninguna característica *per se*, de la misma manera que hablar de “ejercicio mágico” no lo convierte en mágico).

Si no se entiende esto, significa que no se entiende que detrás de cualquier ejercicio siempre hay **fuerzas**.

Cualquier concepto genérico necesita de un contexto específico para ser analizado. Este contexto específico es:

Ejercicio = fuerza intencionada aplicada a una **estructura**.

Y puede ser traducido en:

Ejercicio = estímulo intencionado que provoca **adaptación**.

Entonces, ¿qué **factores** determinan este estímulo?

- **Cantidad** y tipo de **fuerza** que llega a cada **eje articular**.
- **ROM** (rango de movimiento) articular y modificación del ROM durante la aplicación del estímulo en cada **eje articular**.
- **Duración** del estímulo.
- **Tempo** en la aplicación del estímulo relativo a cada eje articular.
- **Frecuencia** en la aplicación del estímulo.

Este **estímulo** se **relaciona** con el **Individuo**:

EL EJERCICIO VISTO COMO UNA VACUNA

Deberíamos empezar a ver el ejercicio como una vacuna... la dosis inadecuada crea la enfermedad.

Ejercicio = estímulo intencionado que provoca adaptación

Las fuerzas son las causantes del estímulo, pero también pueden ser la enfermedad en sí misma. Cualquier daño en la estructura humana puede venir creado por una fuerza inapropiada en relación a la tolerancia individual

La fuerza es el “virus”, nuestro cuerpo se adapta a ella y mejora la tolerancia a dicho “virus”.

Por eso, el principal objetivo para un profesional de la salud

- Genotipo (especialmente en relación al sistema músculo esquelético)
- Fenotipo (especialmente en relación al sistema músculo esquelético)
- Función neuromuscular y propioceptiva.
- Daños, enfermedades, desgaste, edad,...
- Estado mental, psicológico,...

Esto hace que la palabra clave para determinar el éxito o no de la adaptación sea **dosis**, la cual será diferente para cada individuo. Incluso el contexto de un **mismo individuo** es **cambiante**, con lo que la dosis a aplicar es totalmente variable incluso para un mismo individuo.

Esto lleva a no entender afirmaciones sobre:

- Que un ejercicio sea **funcional** por el hecho de hablar de un movimiento determinado sin tener en cuenta los demás factores mencionados.
- Que una máquina sea buena/mala. Por ejemplo, se podría hablar sobre los peligros de la “*leg extensión*”. No hay suficientes datos para realizar ninguna afirmación tan relativa.
- La superioridad de un ejercicio. Solamente se tiene el nombre del ejercicio, pero no más datos sobre el **estímulo**, y todavía menos sobre el **individuo**.
- Las ventajas de un método, técnica... **No hay datos específicos sobre escenario del estímulo ni del individuo**. Ejemplo: “los isométricos son buenos”.

Conclusión:

Solamente queda ir a los fundamentos de los estímulos (estudio de las fuerzas) y del individuo (estudio del cuerpo humano) si se quiere empezar a entender toda la complejidad que hay detrás de la palabra ejercicio.

y actividad física es aplicar el adecuado estímulo para crear adaptaciones que permitan tolerar mejor el “virus”.

Por tanto, ¿de qué depende que un ejercicio sea “bueno”/“malo”?

Relación riesgo-beneficio.

El potencial riesgo de un ejercicio viene determinado por la interrelación de la aplicación de una fuerza sobre una estructura y cómo los sistemas de control negocian con ella. **Ningún ejercicio está exento de riesgo**, la clave es conocer lo mejor posible las variables que lo determinan y manipularlas para minimizarlo.

FUERZA Y MÚSCULOS

¿Qué es lo que realmente hace un músculo?

Generar **fuerza**. Con la única intención de responder a las fuerzas externas y/o internas que llegan a las articulaciones.

Aunque se comparte con los fisiólogos la forma en la que se produce esa fuerza, los profesionales del ejercicio no deberíamos perder la **perspectiva** de que todo el proceso de generar tensión muscular tiene una función muy clara; **autogenerar fuerzas para negociar con otras fuerzas que alteran nuestra homeostasis y, de esta forma, asegurar la integridad del cuerpo humano.**

Las demás funciones de la musculatura son “sub-funciones” derivadas de su uso para poder generar fuerza en diferentes escenarios (hipertrofia, trabajar aeróbicamente, resistencia muscular...).

*“Se podría considerar la **fisiología** como la respuesta a la física”*

(Mitch Simon, Doctor en Fisiología).

En Resistance Institute creemos, sinceramente, que esta **perspectiva** no se tiene todavía muy clara y para ello vamos a intentar exponer y modificar diferentes conceptos arraigados en la industria del ejercicio y salud.

FUERZA Y CUALIDADES FÍSICAS BÁSICAS

Las cualidades físicas no deberían considerarse sin tener la **fuerza** como la única capacidad **física centralizadora**.

No hay **ejercicio sin fuerzas**.

Todavía se sigue enseñando el trabajo de estas cualidades sin tener en cuenta que en realidad todas ellas **son manifestaciones de la fuerza en diferentes escenarios**.

Esto lleva a intentar entender y trabajar estas teóricas cualidades desde compartimentos estancos y a no profundizar en el conocimiento de las fuerzas subyacentes.

Todavía la gran mayoría de los programas de formación relativos al ejercicio siguen con esta clásica visión del trabajo de la cualidades físicas básicas como algo independiente de la fuerza.

Esta es la razón por la que, desde la perspectiva de muchos profesionales del ejercicio, se marca desde el principio un distanciamiento considerable con la visión y el razonamiento cognitivo de Resistance Institute, ya que desde el principio se considera la **fuerza** como el único instrumento **centralizador** del **estímulo** que crea adaptaciones.

Una vez que se ven las **fuerzas** en cada acción que se aplica en el nombre del ejercicio, **todo cambia** y se empieza a ver el ejercicio diferente...

La primera incompatibilidad que se encuentra el especialista en Mecánica del Ejercicio es que **no** existe tal distinción entre trabajo de fuerza, resistencia, flexibilidad/estiramientos...

No existe ningún modo de trabajar las citadas cualidades, ni ninguna acción, nombre de marketing o técnica que no **aplique fuerzas como fundamento para crear estímulos**.

No queda más remedio que ir a los fundamentos de la Mecánica del Ejercicio, si se quiere empezar a entender la complejidad que hay detrás de la palabra ejercicio.

“En el intento de entendernos a nosotros mismos, hacemos clasificaciones y, entonces, perdemos la perspectiva a la hora de entender el funcionamiento del cuerpo en sí mismo”

(Lucas Leal)

LA DOSIS DE FUERZA

El ejercicio, como cualquier **dosis** de fuerza, debería ser como un **medicamento** , donde si se abre el prospecto, se encuentran las **indicaciones** , pero basta seguir leyendo para encontrar las contraindicaciones, interacciones y efectos secundarios.

Se sabe que el marketing y los intereses comerciales acentúan los beneficios, pero los profesionales han de ser conscientes de que todo **estímulo** puede crear efectos negativos sobre el organismo en función del contexto e individuo.

El ejercicio es **realmente invasivo** .

¿Por qué es tan fácil y lógico esperar los efectos positivos de las fuerzas más allá de la piel (como la hipertrofia, la mejora del metabolismo...) y cuesta tanto imaginar los efectos de los daños que pueden provocar dichas fuerzas sobre nuestro organismo?

Cualquier profesional que aplique fuerzas con clientes (entrenador, fisioterapeuta, osteópata, monitor...) debería ser responsable de las fuerzas que aplica en el nombre del ejercicio y de los daños que puede causar al aplicar fuerzas que invaden los tejidos más allá de la piel, de forma similar a la que un cirujano es responsable de los daños que puede causar en los tejidos.

FUNDAMENTOS EN MECÁNICA DEL EJERCICIO

Si se quiere profundizar en la mecánica del ejercicio, se deberá hacerlo basándose en tres pilares básicos:

- Fuerzas.
- Estructura del sistema músculo esquelético
- Sistemas de control (especialmente el sistema nervioso)

El conocimiento en estas áreas permitirá al profesional avanzar y ser cada vez mejor en la aplicación de fuerzas al cuerpo humano, sea cual sea su ámbito de aplicación (entrenamiento para la salud/ rendimiento, fisioterapia, rehabilitación...).

Este libro pretende ahondar en el estudio de los fundamentos de las fuerzas relativo al cuerpo humano (estructura músculo-esquelética) y es el resumen de más de 10 años de trabajo en Resistance Institute. Con él se pretende aportar un pequeño grano de arena en el estudio de las fuerzas, articulaciones y en la mecánica muscular, áreas que conforman los pilares de la Mecánica del Ejercicio.

Deseamos que disfrutéis de él.

Lucas Leal
Daniel Martínez
Eduardo Sieso

Barcelona, 07 agosto de 2012.

