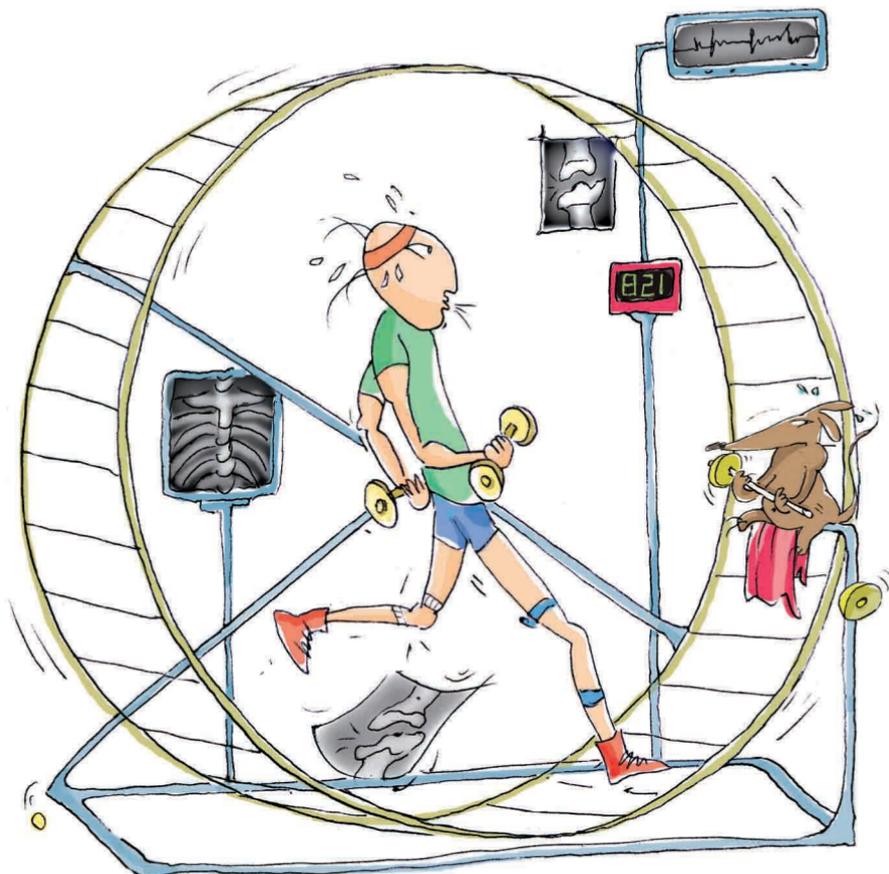
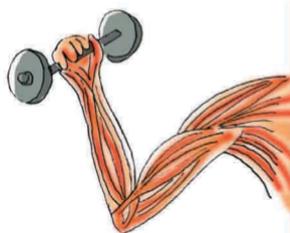


germán laurora

# el personal trainer científico

todo lo que hay que saber  
para lucir un cuerpo esbelto y saludable



 **siglo veintiuno**  
editores

colección  
**ciencia que ladra...**

# 1. ¡Corre, Forrest, corre! El entrenamiento de la resistencia

## Forrest Gump, un ejemplo de resistencia

La bella Jenny lo abandona sin dar explicaciones y Forrest Gump decide realizar el duelo corriendo. Tres años, dos meses, catorce días y dieciséis horas es el tiempo transcurrido desde que empieza a correr y el día en que el ex jugador de fútbol americano, ex soldado de Vietnam, ex campeón de ping pong y ex dueño de la compañía camaronera *Bubba-Gump* se detiene y les dice a sus seguidores: “Estoy muy cansado, creo que es hora de volver a casa”.<sup>1</sup>

Cuando en entrenamiento físico se hace referencia a la resistencia, generalmente se alude a la resistencia aeróbica, es decir, a la capacidad de nuestro cuerpo de utilizar el oxígeno que tomamos del aire transformando la energía química que incorporamos con nuestra alimentación en energía mecánica y retardando la fatiga todo lo posible. El entrañable personaje de Tom Hanks y su ultramaratónica carrera ofrecen quizás el mejor ejemplo de resistencia aeróbica. ¿Es posible que nuestro organismo pueda soportar semejantes esfuerzos? Sin ir más lejos, en el año 2010 un belga llamado Stefaan Engels logró correr una maratón por día durante un año seguido; fueron 15 401 kilómetros en 365 días consecutivos. Su apodo: “el Forrest Gump belga”.

1 Por supuesto que durante ese tiempo paró para comer, dormir e ir al baño.

## ATP: energía apta para todo público

Más de un cantante de reguetón grita “a mover el esqueleto” sin saber que para hacerlo nuestros músculos deben aplicar fuerzas sobre los huesos utilizando la energía proveniente de los alimentos. De los tres macronutrientes que incorporamos con nuestras comidas –hidratos de carbono, grasas (lípidos) y proteínas–, usamos los dos primeros como fuentes de energía principales. Estos combustibles deben sufrir un proceso de transformación, ya que los músculos sólo utilizan unas moléculas de alta energía llamadas ATP<sup>2</sup> para contraerse. Si bien este proceso puede funcionar sin presencia de oxígeno, la energía que podemos generar anaeróbicamente es muy poca. Correr para tomar el colectivo, saltar un charco o lanzar una piedra en la laguna de Chascomús para hacer *sapito*<sup>3</sup> (“grandes esfuerzos” de corta duración) son actividades pasibles de realizarse sin intervención del oxígeno.

Volvamos a Forrest Gump. En este caso, tenemos a un sujeto que hace un esfuerzo intermedio o bajo, pero de larga duración, en el que la oxidación de los hidratos y grasas es esencial para producir ATP. A este proceso lo llamamos *metabolismo aeróbico* (con oxígeno).

## Botellas de aire para mis pulmones

La señora Evarista, que claramente posee un nombre poco común, se recuesta sobre el sillón más cómodo de su casa a escuchar el último disco de Ricardo Arjona. Su cuerpo está

2 Adenosín trifosfato, nombre aterrador que hace referencia a los componentes de la molécula de ATP.

3 *Sapito*: juego que consiste en arrojar una piedra sobre una superficie de agua de forma rasante para que rebote y dé varios saltos antes de hundirse.

quieto y su cabeza despejada, pero su sistema respiratorio sigue inhalando y exhalando aire para mantener sus funciones vitales funcionando y vitales, valga la redundancia. Evarista, como cualquier otra persona, necesita consumir 3,5 mililitros de oxígeno por minuto y por cada kilogramo de su peso corporal (3,5 ml/kg/min) para poder descansar tranquilamente sin que su cuerpo se eche a perder. Si la señora en cuestión pesa 60 kilos, tendrá que consumir 210 mililitros de oxígeno por minuto ( $3,5 \times 60 = 210$ ). Recordemos que el aire atmosférico se compone de varios gases y que el oxígeno ocupa el 21% del total. Las cuentas son fáciles: Evarista necesita 210 mililitros de oxígeno por minuto de reposo, cantidad que encontramos en 1000 mililitros de aire (1 litro). En una botella de agua de 1 litro vacía (o mejor dicho, “con aire”) tendremos el oxígeno que la protagonista de este ejemplo necesita por minuto para descansar cómodamente.

Luego de haber descansado, Evarista está lista para realizar una sesión de actividad física con su *personal trainer*. Para entrar en calor, comienza a trotar a intensidad moderada, lo que aumenta el requerimiento de moléculas de ATP en los músculos y por lo tanto incrementa el metabolismo aeróbico. Así, la señora del extraño nombre ahora consume 14 ml/kg/min, cuatro veces la cantidad de oxígeno requerida durante el reposo (oxígeno contenido en 4 botellas de 1 litro con aire).

Con los intensos ejercicios de piernas y abdominales que siguen a la entrada en calor, Evarista necesita consumir oxígeno a un ritmo de 28 ml/kg/min. ¡Marchen ocho botellas de aire!

## Los MET y el sistema monetario de la actividad física

“Señores científicos de la actividad física y el ejercicio: no demos seguir expresando el requerimiento de oxígeno de una determinada actividad en ml/kg/min. Debemos encontrar una medida que sea fácil de entender para todos los seres que habitan

este planeta, y que además sirva como sistema monetario de la actividad física.”

Algo así debe haber dicho el presidente de la estimulante asociación CAFE (Científicos de la Actividad Física y el Ejercicio) momentos antes de que el MET (o equivalente metabólico) hiciera su aparición. Un MET equivale al consumo de oxígeno de reposo. De acuerdo con lo que ya aprendimos:

$$1 \text{ MET} = \text{consumo de oxígeno de reposo} = 3,5 \text{ ml/kg/min}$$

Expresar el consumo de oxígeno requerido para un determinado ejercicio en unidades de MET es mucho más fácil, y nos permite tener un simple y muy buen indicador de la intensidad de este ejercicio. Y ya que el consumo de oxígeno está relacionado con la producción de energía, podemos considerar al MET como moneda de uso corriente cuando hablamos de costos energéticos y actividad física. ¿Cuántos MET cuesta realizar tal actividad o tal otra?

Retomemos por un momento el ejemplo del apartado anterior: podemos decir que la señora Evarista tuvo que invertir 1 MET en su descanso. Después, cuando se levantó y se dirigió a la sesión con su *personal trainer*, seguramente debió invertir 2 MET. La clase empezó con una entrada en calor de 4 MET, y siguió con ejercicios de piernas y abdominales a un costo de 8 MET.

En 1993, un grupo de investigadores de distintas universidades de los Estados Unidos publicó en la revista del Colegio Americano de Medicina del Deporte un artículo llamado “Compendio de actividades físicas: costos energéticos del movimiento humano” (ya existen dos actualizaciones, correspondientes a 2000 y 2011). Los autores de esta publicación, encabezados por Barbara Ainsworth, realizaron una extensa revisión de artículos para poder presentar una muy completa lista de actividades con sus correspondientes MET.

¿Cuántas veces mi consumo de oxígeno de reposo requiere una determinada actividad? ¿Cuál es su costo energético expresado en MET? Veamos qué valores se les asignaron en este estudio a algunas de las actividades físicas más comunes:

Caminar a paso lento sobre superficie firme (3 km/h):

2,5 MET

Caminar a paso muy enérgico sobre superficie firme

(6,4 km/h): 5,0 MET

Correr a una velocidad de 8 km/h: 8,0 MET

Correr a una velocidad de 14 km/h: 14,0 MET

Al correr, los MET coinciden con las velocidades de carrera expresadas en km/h

Andar en bicicleta de forma recreativa (<10 km/h): 4,0 MET

Andar en bicicleta rápido y con esfuerzo vigoroso (entre 22 y 26 km/h): 10,0 MET

Ejercicio en bicicleta fija con esfuerzo moderado: 7,0 MET

Levantamiento de pesas en gimnasio con esfuerzo moderado: 3,0 MET

Levantamiento de pesas en gimnasio con esfuerzo alto: 6,0 MET

Clase de estiramiento (*stretching*), yoga: 2,5 MET

Clases aeróbicas en gimnasio (en general): 6,5 MET

Nadar *crawl* con esfuerzo moderado: 8,0 MET

Nadar estilo mariposa: 11,0 MET

Ahora pasemos a algunos deportes con pelota:

Fútbol casual (el famoso *picadito* con amigos): 7,0 MET

Fútbol competitivo/rugby: 10,0 MET

Voley/basquet/handbol/hockey sobre césped: 8,0 MET

Tenis *singles*: 8,0 MET

Tenis dobles: 5,0 MET

Golf: 4,5 MET

Este compendio también incluyó actividades hogareñas, como por ejemplo:

Limpiar la casa realizando un esfuerzo vigoroso: 3,0 MET

Lavar los platos/planchar: 2,3 MET

Hacer la cama/cocinar/tender la ropa: 2,0 MET

Alimentar animales:<sup>4</sup> 2,5 MET

Jugar con animales en forma vigorosa: 5,0 MET

Carnear animales:<sup>5</sup> 9,0 MET

### **¡Oxígeno, por favor!**

Si nos encontramos bien alimentados, nuestra capacidad de producir ATP en los músculos estará en relación directa con la capacidad de consumir oxígeno de estos tejidos. Es por ello que al entrenador científico le resulta útil conocer los valores de consumo de oxígeno máximo ( $VO_2$  máximo) de sus entrenados. Si bien no podemos meternos dentro del músculo para medir el oxígeno que consume, podemos determinar esa cantidad a partir del oxígeno que el sujeto toma del aire y luego devuelve en el proceso de respiración pulmonar.

Todo laboratorio de rendimiento deportivo que se jacte de tener la mejor tecnología para evaluar seres humanos deberá contar con al menos un ergómetro (instrumento de medición

4 Dato muy importante para los dueños de zoológicos o acuarios, unos de los pocos individuos que pueden pasar más de 5 minutos por día alimentando a sus mascotas.

5 Al autor de este libro le pareció una tarea del hogar un poco rara, aunque eligió presentarla porque cierra bien la progresión de intensidades en la categoría "actividad física con animales".

que permite controlar la intensidad del ejercicio, llamado “rueda de ratón” por el famoso doctor House), generalmente una cinta para correr o una bicicleta,<sup>6</sup> y un equipo analizador de gases. En el ergómetro, y estando el sujeto conectado al analizador de gases a través de una manguera y una mascarilla que toma el movimiento de aire que entra y sale de la boca, se realiza alguna prueba incremental (aquella en la que la intensidad sube a intervalos de tiempo determinados). En el transcurso de la prueba, el consumo de oxígeno ( $\text{VO}_2$ ) por los músculos aumenta a medida que aumenta la intensidad. Cuando lleguemos al punto en el que la intensidad aumenta, pero no así el consumo de oxígeno, habremos encontrado el  $\text{VO}_2$  máximo y la prueba habrá finalizado (el test termina cuando el incremento en el  $\text{VO}_2$  es menor a 100 mililitros entre etapas).

El  $\text{VO}_2$  máximo tiene un valor muy importante para evaluar progresos en un plan de entrenamiento de resistencia. Podemos expresarlo en términos *absolutos* en l/min (cuántos litros de oxígeno consumió por minuto la persona evaluada) o en términos *relativos* al peso corporal en ml/kg/min (cuántos mililitros de oxígeno consumió por kilogramo de peso y por minuto).

Para comparar máximos consumos de oxígeno entre sujetos se utiliza el  $\text{VO}_2$  máximo *relativo*. Los sujetos adultos sedentarios presentan valores de  $\text{VO}_2$  máximo de entre 30 y 40 ml/kg/min (10 MET). Los sujetos adultos activos que realizan actividad física regularmente pueden tener un  $\text{VO}_2$  máximo relativo de 40 a 55 ml/kg/min. En deportistas de alto rendimiento, estos valores superan los 55 ml/kg/min y llegan a los 90 ml/kg/min (¡25 MET!), dependiendo del deporte practicado.<sup>7</sup>

6 Existen otros ergómetros menos comunes, como el remoergómetro (específico para evaluar remeros).

7 Valores presentados en *Fisiología del esfuerzo y del deporte*, de J. Wilmore y D. Costill, libro al que muchos de los colegas del autor han bautizado como “La Biblia”.

Ahora, al mejor estilo “Elige tu propia aventura”, el lector podrá decidir su próximo paso en el libro:

- Si entendió muy bien la diferencia entre  $VO_2$  máximo absoluto y relativo, y además siente algo de amor por las matemáticas, realizará el ejercicio presentado a continuación.
- Si la profusión de números de “¡Oxígeno, por favor!” lo abrumó, y/o siente un poco de pavor por las cuentas, diríjase a la página siguiente.

Consideremos ahora a dos sujetos que realizan actividad física habitualmente. El sujeto 1 pesa 90 kilos y tiene un  $VO_2$  máximo absoluto de 4 litros/min. El sujeto 2 pesa 60 kilos y tiene un  $VO_2$  máximo igual al del sujeto anterior, 4 litros/min. ¿Tienen ambos el mismo nivel de resistencia o uno está mejor preparado que el otro para este tipo de actividades?

Determinemos el  $VO_2$  máximo relativo del sujeto 1:

$$\begin{aligned}VO_2 \text{ máximo absoluto} &= 4 \text{ l/min} = 4000 \text{ ml/min} \\VO_2 \text{ máximo relativo al peso corporal} &= 4000 / 90 = \\ &= 44 \text{ ml/kg/min (13 MET)}\end{aligned}$$

Ahora calculemos el  $VO_2$  máximo relativo del sujeto 2:

$$\begin{aligned}VO_2 \text{ máximo absoluto} &= 4 \text{ l/min} = 4000 \text{ ml/min} \\VO_2 \text{ máximo relativo al peso corporal} &= 4000 / 60 = \\ &= 67 \text{ ml/kg/min (19 MET)}\end{aligned}$$

El segundo sujeto, de acuerdo con su  $VO_2$  relativo, está mucho mejor preparado para realizar ejercicios de resistencia. Su “billetera fisiológica”, en comparación con la del sujeto 1, tiene más MET para invertir en actividad física.

## El famoso test de Cooper

La gran mayoría de los profesores de Educación Física, instructores y entrenadores personales están lejos de poder evaluar a sus conejillos de Indias (entiéndase deportistas, discípulos, alumnos, familiares, amigos) en sofisticados laboratorios de rendimiento. Para resolver este problema de origen económico surgieron distintas pruebas indirectas, llamadas “pruebas de campo”, que permiten obtener valores estimados de consumo de oxígeno máximo.

Seguramente varios lectores de este libro sentirán escalofríos al visualizar el nombre de la famosa prueba que da título a este apartado. El test de Cooper, pionero entre las pruebas de campo sobre resistencia aeróbica, fue quizás el más utilizado en las escuelas secundarias del lado occidental del planeta. La prueba consiste en recorrer la mayor distancia posible en 12 minutos. A partir de esa distancia se estima, mediante una simple fórmula, el  $VO_2$  máximo relativo del sujeto evaluado. ¿Cómo hizo el doctor Kenneth Cooper para obtener esta fórmula y torturar con ella a varias generaciones de adolescentes? En 1968, sobre la base de evaluaciones realizadas a 115 miembros de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, el doctor publicó el estudio original del test que lleva su apellido. Los sujetos que participaron fueron evaluados en dos pruebas: por un lado, corrieron los 12 minutos famosos y se registraron las distancias alcanzadas; por otro, fueron evaluados en una prueba de laboratorio con ergómetro y analizador de gases, registrándose el  $VO_2$  máximo de forma directa. Cooper pudo identificar una muy buena relación lineal entre los resultados de ambas pruebas, dado que los sujetos con bajo  $VO_2$  máximo alcanzaban distancias cortas en los 12 minutos, mientras que los sujetos con altos valores de  $VO_2$  máximo obtenían distancias mayores en ese mismo tiempo. El coeficiente de correlación lineal de Pearson encontrado fue igual a  $r = 0,90$  con una ecuación lineal igual a:

$$VO_2 \text{ máximo [ml/kg/min]} = -11,29 + 22,37 \times \text{distancia recorrida en kilómetros}$$

Si bien este libro no está pensado para expertos en estadística, entender el coeficiente presentado y la ecuación de la recta no es una misión imposible para ningún habitante de nuestro mundo (señores de Narnia y de la Tierra Media, abstenerse). Invito a aquellos que sientan algún interés por el tema a visitar el apéndice, que lleva por título, justamente: “Diego, la pizza de los jueves y la r de Pearson” (los que no, sigan adelante nomás).<sup>8</sup>

Pongamos un ejemplo para ver cómo funciona esta fórmula: realizamos el test de Cooper y logramos recorrer 2400 metros (6 vueltas a una pista de atletismo) en los 12 minutos propuestos. Pasamos este valor a kilómetros y lo introducimos en la ecuación:

$$\text{VO}_2 \text{ máximo} = -11,29 + 22,37 \times 2,4$$

$$\text{VO}_2 \text{ máximo} = -11,29 + 53,7$$

$$\text{VO}_2 \text{ máximo} = 42 \text{ ml/kg/min}$$

Nuestro consumo máximo de oxígeno estimado es de 42 ml/kg/min, siendo este un valor normal para un adulto que realiza actividad física regularmente.

Uno de los puntos conflictivos del test de Cooper es el ritmo de carrera. Si uno no está entrenado en el manejo de ese ritmo, y por lo tanto no regula la intensidad de carrera, difícilmente logrará un buen resultado en el test de Cooper. Sin dudas, es un test muy útil para los atletas, pero para el resto de la humanidad no es la prueba más adecuada.

A continuación, y desde las frías tierras canadienses, llegará una solución al inconveniente del ritmo de carrera.

8 Por ahora bastará decir que un coeficiente r de Pearson cercano a 1 (como el 0,9 del ejemplo) se interpreta como que dos variables –en ese caso el  $\text{VO}_2$  máximo y la distancia recorrida– están muy relacionadas entre sí.

## El Course-Navette (para Cooper que lo mira por TV)

Un poco más cerca en el tiempo, en 1988, el doctor Luc Leger –de la Universidad de Montreal en Canadá– publicó el estudio que valida su test de resistencia aeróbica Course-Navette. Este test consiste en ir y volver corriendo de forma continua una distancia de 20 metros, siguiendo el sonido de unos “bips” que emite un reproductor de CD, mp3 o formato de audio no reconocido hasta la fecha de publicación de este libro. En cada bip debemos pisar una de las dos marcas que ponen límite a los 20 metros, de modo tal que estos bips nos obligan a mantener una velocidad de carrera determinada. La prueba comienza a una velocidad de 8,5 km/h, y luego el tiempo entre bips va disminuyendo para que podamos incrementar la velocidad de carrera 0,5 km/h al pasar de un minuto a otro. El test termina cuando no logramos pisar las marcas dos veces consecutivas, registrándose la última etapa que completamos con su velocidad correspondiente. El doctor Leger, al igual que Cooper en su momento, buscó la relación existente entre los resultados del Course-Navette y el  $VO_2$  máximo evaluado en laboratorio de forma directa.

Si bien este test fue pensado para escolares de entre 8 y 18 años, y pese a lograr una buena validez para estimar el  $VO_2$  máximo en este grupo etario, la prueba obtuvo una validez mayor en adultos, presentando un coeficiente de correlación lineal de  $r = 0,90$  (¡dirigirse sin miedo al apéndice!) y la siguiente ecuación:

$$VO_2 \text{ máximo} = -27,4 + 6 \times \text{velocidad de la última etapa alcanzada en km/h}$$

Por ejemplo, si logramos completar 7 etapas en la prueba (en la etapa 8 ya cantamos “basta para mí”), nuestra velocidad alcanzada será de 11,5 km/h, por lo que ingresaremos este valor en la fórmula para estimar nuestro  $VO_2$  máximo:

$$\text{VO}_2 \text{ máximo} = -27,4 + 6 \times 11,5 \text{ km/h}$$

$$\text{VO}_2 \text{ máximo} = -27,4 + 69$$

$$\text{VO}_2 \text{ máximo} = 41,6 \text{ ml/kg/min}$$

Utilizando la ecuación propuesta, encontramos un consumo máximo de oxígeno estimado de 41,6 ml/kg/min asociado a nuestro rendimiento en el Course-Navette.

### **Música *new age* y sistema cardiorrespiratorio**

La mañana es óptima para iniciar nuestro entrenamiento en el parque. Ponemos música *new age* en el reproductor de mp3, nos colocamos los auriculares, despejamos la mente e iniciamos un trote suave haciendo un rápido repaso de nuestro sistema cardiorrespiratorio (sistema cardiovascular + sistema respiratorio).

Inspiramos profundamente, sentimos cómo el aire que ingresa por la boca y la nariz pasa por la faringe, la laringe, la tráquea y los bronquios hasta llegar a los pulmones, nos conectamos con el sistema cardiovascular y dejamos que el aire deposite oxígeno en la sangre y se lleve el dióxido de carbono. Espiramos y eliminamos el dióxido de carbono para volver a tomar aire. La sangre que se oxigenó en los pulmones ingresa al corazón. La bomba central de nuestro sistema cardiovascular se contrae, llevando sangre fresca a todo el organismo a través de los vasos sanguíneos.<sup>9</sup> Con oxígeno en los músculos, ya podemos oxidar hidratos de carbono y grasas para producir ATP y seguir trotando sin inconvenientes.

Si nuestro trote aumenta en velocidad, aumentará también la demanda de oxígeno en nuestros músculos. El corazón deberá bombear más sangre, aumentando el número de contracciones

9 Este libro no será el *best-seller Crepúsculo*, de Stephenie Meyer, pero intentamos motivar a la lectura a los adolescentes utilizando términos como "sangre fresca".

por unidad de tiempo. La cantidad de contracciones por minuto se denomina “frecuencia cardíaca”, y con este remate damos pie a lo que sigue.

### **Me late, me late, me late el corazón**

Su respiración era muy agitada y sintió que estaba cerca del límite. Detuvo sus piernas, apuntó con los dedos índice y medio de la mano derecha a su cuello, presionó suavemente sobre la arteria carótida, se tomó el pulso y finalmente obtuvo lo que buscaba, su frecuencia cardíaca.

La frecuencia cardíaca (FC) es la cantidad de latidos por minuto que efectúa el corazón. Dos dedos colocados sobre el punto radial en la muñeca o sobre el punto carotideo en el cuello alcanzan para tomar el pulso y tener un excelente y económico indicador del esfuerzo que está realizando nuestro sistema cardiovascular en un determinado ejercicio. Habitualmente contamos el número de pulsaciones en 6 segundos y luego multiplicamos este valor por 10; o bien, mejorando un poco la precisión pero complicando otro poco la cuenta mental, se registran las pulsaciones en 10 segundos y se multiplica este valor por 6 (en ambos casos llegamos a los 60 segundos que contiene el minuto).

Si disponemos de algún ahorro y podemos comprarnos un reloj cardiotaquímetro (este instrumento da la FC de forma permanente sobre la base de la información que emite una banda colocada en el pecho), será mucho más fácil controlar la intensidad de nuestra actividad física.

Los buenos entrenadores no dejan este parámetro librado al azar y planifican los entrenamientos utilizando distintos valores de FC. Para utilizar este método de planificación (del que daremos una idea en las próximas páginas), el entrenador deberá conocer dos valores muy importantes: la frecuencia cardíaca en reposo (FC de reposo) y la frecuencia cardíaca máxima (FC máxima). Para obtener el valor de reposo basta con quedarnos

sentados unos 5 minutos y luego realizar el registro correspondiente. La FC de reposo se ubica entre los 60 y los 80 latidos por minuto para la mayoría de los mortales. Los sujetos sedentarios pueden tener valores más altos, y en sujetos muy entrenados y con un sistema cardiovascular muy eficiente esos valores pueden bajar hasta 40 o 30 latidos por minuto.

La FC máxima puede determinarse en laboratorios de rendimiento mediante las pruebas ergométricas ya mencionadas, o bien estimarse por fórmula.

### **Fórmula 220 – la edad ¡no va más!**

¿Qué tan rápido puede trabajar mi corazón? A pesar de no tener un origen certero, la fórmula 220 menos la edad ha sido la más utilizada para estimar la FC máxima.<sup>10</sup> Si bien es muy simple y permite llegar rápidamente a un número, es raro que muchos profesionales de la actividad física sigan utilizándola después del muy buen trabajo presentado por Hirofumi Tanaka y colaboradores en la revista del Colegio Americano de Cardiología en 2001. El estudio se dividió en dos partes: por un lado se revisaron 351 trabajos de investigación con un total de 18 712 sujetos involucrados, y por otro se evaluó en laboratorio a 514 sujetos saludables entre 18 y 81 años determinando la FC máxima en una ergometría.

Ambas partes de la investigación arrojaron un mismo resultado: existe una buena relación lineal entre la FC máxima de los sujetos y su edad, siendo la siguiente ecuación la más apropiada para estimar la primera de estas variables a partir de la segunda:  $208 - 0,7 \times \text{edad}$ .

<sup>10</sup> Todo parece indicar que los primeros en proponer esta fórmula fueron S. M. Fox y W. L. Haskell, en un trabajo publicado en 1970.

A medida que envejecemos, nuestros corazones pierden poco menos de un latido por año, considerando esfuerzos físicos máximos. Es importante destacar que la ecuación 220 – edad sobrestima la FC máxima en sujetos menores de 40 años y la subestima en sujetos mayores de 40 años. La fórmula propuesta por Tanaka y colaboradores es válida para sujetos adultos de cualquier edad, para hombres y mujeres, y para personas con distinto grado de entrenamiento.

Sin dudas es una herramienta muy útil en aquellos casos en los que resulta complicado realizar una prueba de esfuerzo para obtener el valor de frecuencia cardíaca máxima de forma directa.

### **Uno, dos, tres, ¿en qué zona te ves?**

El fabricante de relojes cardiotacómetros más famoso del mundo, originario de Finlandia, propone realizar trabajos de resistencia utilizando distintos porcentajes de la frecuencia cardíaca de reserva (FC de reserva), es decir, la diferencia entre la FC máxima y la FC de reposo.

Por ejemplo: Juan tiene 55 años y su FC de reposo, que calculó después de levantarse por la mañana, es de 70 latidos por minuto. Si aplicamos la fórmula de Tanaka y estimamos su FC máxima: 170 latidos por minuto. Su FC de reserva es de 100 latidos por minuto ( $170 - 70$ ). Los expertos de la firma finlandesa proponen tres zonas de trabajo. La zona 1 es de intensidad baja y la encontramos entre el 55% y el 70% de la FC de reserva. En esta primera zona ubicamos a Forrest Gump, y trabajamos sobre la capacidad de resistir, la pérdida de masa grasa y la recuperación de entrenamientos fuertes. La zona 2 es de intensidad media y la encontramos entre el 70% y el 80% de la FC de reserva. Las personas que desean conseguir una excelente adecuación física pueden trabajar en esta segunda zona incrementando la eficiencia del sistema cardiovascular. La zona 3, con valores por encima del 80% de la FC de reserva y con una alta producción

de energía vía metabolismo anaeróbico (sin presencia de oxígeno), es de alta intensidad y la utilizan sujetos entrenados con el fin de aumentar el rendimiento deportivo (en el capítulo 4 veremos que también es utilizada en programas de pérdida de masa grasa).

Calculemos la FC de Juan en la zona 1: tenemos 100 latidos sobre minuto correspondientes a la FC de reserva. En el ejemplo las cuentas son muy fáciles, ya que el 55% corresponde a 55 latidos y el 70%, a 70. A ambos valores le sumamos ahora la FC de reposo, y así obtenemos los límites de la zona 1 de nuestro querido Juan: 125 y 140.

Ahora que entendimos la dinámica de los cálculos, presentaremos las tres zonas de trabajo para nuestro amigo:

Zona 1: entre 125 y 140 latidos por minuto

Zona 2: entre 140 y 150 latidos por minuto

Zona 3: entre 150 y 170 latidos por minuto

Aclaración: este método pierde aplicabilidad en la planificación del entrenamiento de personas que toman medicación para controlar algún factor cardiovascular. En la mayor parte de estos casos la intensidad del ejercicio es regulada por escalas de percepción subjetiva del esfuerzo.

## **Intensidad y volumen, los grandes protagonistas del entrenamiento**

Juan, el sujeto del que venimos hablando, sale a correr con su *personal trainer* tres veces por semana. Los lunes realiza un entrenamiento continuo, corriendo 40 minutos dentro de la zona 1 (entre 125 y 140 latidos por minuto, de acuerdo con lo calculado). Los miércoles también realiza el mismo volumen de trabajo (los 40 minutos de carrera), pero esta vez lo hace dentro de la zona 2 y en un tipo de entrenamiento por intervalos: 4 pasadas

de 10 minutos, con una pausa de 5 minutos entre pasadas. Los viernes vuelve a la zona 1, pero en esta oportunidad realiza un entrenamiento por intervalos logrando 5 pasadas de 10 minutos de carrera con pausas de 5 minutos.

En relación con los días lunes podemos notar que los miércoles la intensidad sube y el volumen se mantiene, aunque se trabaja de forma fraccionada. Los viernes Juan trabaja con la misma intensidad que los lunes (zona 1), pero fracciona su entrenamiento, lo cual le permite aumentar el volumen.

Los entrenadores juegan al sube y baja con la intensidad y el volumen de trabajo para producir adaptaciones fisiológicas al entrenamiento, mejorando así nuestra adecuación física.

## **Tango, milonga, salsa y música electrónica**

No sólo corriendo logramos mejorar nuestro estado físico. Volvamos a Juan: esta vez lo acompañaremos en sus vacaciones. Su *personal trainer* le sugirió continuar con el entrenamiento durante las vacaciones, pero buscando una actividad más divertida. A Juan le gusta bailar<sup>11</sup> y por lo tanto el primer lunes concurrió con su esposa a un salón de tango y milonga. Con el tango no le fue muy bien ya que, debido a su buen estado físico, este tipo de baile no lo llevó a experimentar una frecuencia cardíaca dentro de su zona 1. Al ritmo del 2 x 4, sólo llegó a unos 110 latidos por minuto.<sup>12</sup> Luego arrancó la milonga y ya su corazón expulsaba sangre a

11 Él afirma que le pusieron Juan por John Travolta, aunque los dos tienen casi la misma edad.

12 La gente que estaba en el baño del lugar se sorprendió cuando Juan entró a ponerse la banda transmisora en el pecho. Su esposa, que también entrenaba pero era quizá menos sofisticada y contaba con menos recursos, se tomaba el pulso en la muñeca entre tema y tema.

un promedio de 130 latidos por minuto. Después de 40 minutos de baile, dio por terminada su sesión de entrenamiento.

El miércoles, sabiendo por experiencia que ni el tango ni la milonga lo llevarían a su zona 2, prefirió concurrir a un barcito cubano donde se bailaba salsa toda la noche.

Cada cuatro temas de salsa, bien metido en su zona 2 de entrenamiento y con frecuencias cardíacas superiores a los 140 latidos por minuto, Juan dejaba pasar 2 para descansar. Bailando 4 veces por 4 temas, con la pausa que ya marcamos, Juan cumplió con el objetivo del miércoles. El viernes volvió a la milonga con su mujer, y sucumbió a la tentación de, al día siguiente, ir a un boliche de música electrónica para probarse en su zona 3.

### **Sangre, sudor y... un agua mineral sin gas por favor**

Cuando ponemos en marcha nuestro cuerpo, la actividad muscular eleva la temperatura corporal. Eso activa la sudoración, que es nuestro mecanismo de pérdida de calor por excelencia. En ejercicios de resistencia aeróbica de larga duración, la pérdida de agua por sudoración es muy importante. La sangre pierde líquido y esto repercute en un descenso de la presión sanguínea. Para fluir adecuadamente por las arterias y venas, la sangre debe ejercer una adecuada presión sobre las paredes de estos vasos. Si los sensores de nuestro cuerpo registran un descenso importante en la presión sanguínea, el organismo entiende que puede deshidratarse y activa un mecanismo de protección. Libera dos caballitos de batalla: la aldosterona y la hormona antidiurética. Estas dos hormonas estimulan la reabsorción de agua en los riñones (pasa menos líquido a la vejiga y esto suprime las ganas de ir al baño para hacer “lo primero”), lo cual genera un retorno de líquido a la sangre y permite restablecer los valores de presión adecuados.

¿Y entonces por qué nuestro entrenador científico nos fastidia con su botellita de agua mineral?

Los mecanismos de protección de la aldosterona y la hormona antidiurética no son eternos, y por ello es *muy necesario* incorporar líquidos cuando realizamos actividad física, para no deshidratarnos.

Chiste viejo pero perfecto para la ocasión:

—¡José! ¿Qué hacés corriendo tan abrigado en un día de tanto calor?

—Mi *personal trainer* me dijo: “Mucha agua... y sobretodo en verano”.

### **Cruzando el umbral del amor**

Gerard la ve entrar y siente que su corazón late más rápido, pese a que mantiene un ritmo de caminata estable sobre la cinta. Tamara, que había jurado no volver a enamorarse, ocupa la cinta vecina y comienza a desplazarse en un trote suave. La joven, bella y de cuerpo atlético, ha depositado toda su pasión en el *running* luego de terminar una relación conflictiva.

Gerard, con un par de décadas más que Tamara en su haber, conserva la elegancia de sus tiempos mozos gracias a un completo plan de actividad física. El acercamiento de Tamara provoca una liberación de hormonas en el cuerpo de Gerard y esto le permite al caballero acelerar su marcha e igualar la velocidad de su nueva compañera de gimnasio. La esbelta señorita, luego de una breve entrada en calor, decide incrementar su ritmo de carrera. Su respiración no presenta alteraciones y se la ve muy cómoda sobre la banda sin fin. Gerard, en su idílico trote, acentúa el paso y alcanza una vez más el ritmo impuesto por las esculturales piernas de Tamara. Pese a ejercitarse casi todos los días, no está preparado para seguir las huellas de una mujer entrenada para matar en la pista. La respiración forzada refleja el esfuerzo realizado por el hombre de cabello canoso. Tamara pisa el acelerador por última vez y Gerard, en un intento desesperado por

mantenerse a la par, cruza el “umbral anaeróbico”; a partir de ahora su cuerpo acumula una sustancia que lo llevará a la fatiga: “el ácido láctico”. Dos minutos a un ritmo de carrera envidiable para cualquier hombre de su edad y los motores de Gerard dicen basta. Con la palma de la mano golpea el botón rojo y la gastada cinta detiene su andar. Gerard se toma de los laterales de la máquina e inclina el tronco hacia adelante. Tamara se percata del sufrimiento de su desconocido compañero, pone en pausa su marcha y rompe el silencio:

—Lo noto agotado. ¿Puedo ofrecerle un poco de mi bebida hidratante?

—El agotamiento me hace ver visiones: un ángel me está ofreciendo algo para beber —dispara el sexagenario sin atreverse a mirar a Tamara.

—Vamos, tome con confianza, le va a hacer bien —la joven sonríe y refuerza su ofrecimiento.

—Muchísimas gracias, señorita, no sabe cuánto aprecio su gesto.

—Présteme atención. En cuanto se sienta un poco más cómodo, realice un trote suave sobre la cinta. Con diez minutos alcanza. Eso ayuda a limpiar el ácido láctico acumulado en los músculos. A una baja intensidad, su cuerpo reutilizará esa sustancia como combustible y mañana no tendrá molestias ni dolores.

—Gracias nuevamente. Me presento, mi nombre es Gerard y es un placer poder compartir esta actividad con usted.

—Mi nombre es Tamara y me alegra tenerlo como compañero de *running*.

—Disculpe el atrevimiento pero... me gustaría devolverle el buen gesto. ¿Desearía compartir un café al salir del gimnasio?

—Muy amable pero no, gracias. El café me produce gastritis.

El caballero lamenta el desacierto y la joven deja caer un oportuno consejo antes de continuar con el entrenamiento:

—Gerard, si alguna vez decide dedicarse al *running*, debe saber a qué intensidad de carrera se encuentra su umbral anaeróbico. Los que corremos distancia siempre nos mantenemos a la velocidad del umbral. Si lo superamos, tenemos los minutos contados. Eso fue lo que le pasó a usted.

Tamara se pone los auriculares, sonrío en dirección a Gerard, mira el tablero de su máquina, aprieta algunas teclas y se aleja a la carrera de una historia de amor imposible. El caballero hace los diez minutos de trote aconsejados por su circunstancial compañera, vuelve a su casa, se tira en el sofá y se queda dormido. Al día siguiente, Gerard, aún con ácido láctico en el corazón, se dirige a la cocina para preparar su desayuno. Abre la alacena, aparta el frasco de café casi vacío y saca del fondo una olvidada caja con sobres de té.

### **Estimado corredor, ha sido Láctico quien impidió su llegada a la meta**

En la fibra muscular, los procesos de producción de energía y la mismísima contracción requieren un potencial de hidrógeno (pH) neutro o apenas alcalino. Pensemos en Gerard, el protagonista del cuento anterior, y en su trote inicial sobre la cinta. A una intensidad baja de carrera, la producción de energía se realiza en mayor medida vía metabolismo aeróbico (con oxígeno). Al requerir una potencia mayor de carrera, y por ende al aumentar la intensidad del ejercicio, comienza a tomar protagonismo la producción de moléculas de ATP vía metabolismo anaeróbico (sin oxígeno). La potente producción de energía por esta vía no es gratuita: a raíz de ello empieza a acumularse en el músculo un subproducto del metabolismo anaeróbico, el ácido láctico. Sustancias alcalinas como el bicarbonato sódico actúan rápidamente amortiguando el descenso del pH. Cuando Gerard acelera el paso por última vez para alcanzar a la bella y atlética Tamara, la elevada intensidad de carrera lleva al máximo la producción de energía

sin presencia de oxígeno y los mecanismos de amortiguación dejan de controlar la producción de ácido láctico. La acidez del organismo aumenta y la fatiga aparece a los pocos minutos.

Todo corredor de distancia, desde aquel que se inicia con una prueba de 5 km hasta el experimentado maratonista, debe conocer la intensidad máxima a la cual el ácido láctico es amortiguado eficientemente por su cuerpo.

¿Existe alguna forma de que el entrenador científico pueda detectar esta intensidad óptima?

A través de una pequeña muestra de sangre venosa podemos obtener una medida representativa del ácido láctico generado en el músculo, el lactato sanguíneo. Se realiza una prueba incremental y se van testeando los niveles de esta sustancia en cada una de las etapas. Llamamos “umbral de lactato” a la última intensidad de ejercicio en la que el lactato se mantiene relativamente estable. Sin embargo, este método no es muy utilizado debido a su naturaleza invasiva (a nadie le gusta que lo pinchen).

En laboratorios de rendimiento físico, nuevamente a través de una prueba incremental y mediante el análisis de la ventilación y las concentraciones de oxígeno ( $O_2$ ) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ), se determina el “umbral anaeróbico”,<sup>13</sup> un parámetro que está en relación directa con el umbral de lactato.

A cada incremento en la intensidad del ejercicio le corresponde un aumento en la ventilación, debido a los requerimientos de  $O_2$  de los músculos y a la necesidad del organismo de eliminar el  $CO_2$  generado en la producción de ATP. Las relaciones ventilación/consumo de oxígeno ( $Ve/O_2$ ) y ventilación/dióxido de carbono eliminado ( $Ve/CO_2$ ) se mantienen estables durante las primeras etapas de la prueba. En algún punto del test, y al tomar protagonismo la vía metabólica anaeróbica, aumenta notoriamente el volumen de  $CO_2$  generado (producto de

13 El concepto “umbral anaeróbico” fue acuñado por los fisiólogos K. Wasserman y M. B. Mc Ilroy en 1964.

la amortiguación del ácido láctico), pero no así el volumen de  $O_2$  utilizado. La ventilación se dispara no por una mayor necesidad de oxígeno de los músculos, sino por una necesidad del cuerpo de eliminar el  $CO_2$  generado. La relación  $Ve/VCO_2$  se mantiene (ambas variables aumentan de forma proporcional), mientras que la relación  $Ve/VO_2$  se incrementa. La intensidad de ejercicio anterior a estos cambios en el comportamiento de las variables ventilatorias nos permitirá sostener la actividad física durante un tiempo prolongado (umbral anaeróbico).

Este método no es invasivo, pero requiere un costoso equipamiento de laboratorio. ¿Disponemos de algún método más práctico y más económico? En la Italia de los años ochenta encontramos la respuesta a esta pregunta.

Francesco Conconi, médico deportólogo e investigador de la Universidad de Ferrara, estudió la relación entre la velocidad de carrera y la frecuencia cardíaca en corredores de fondo de nivel internacional, nivel nacional y amateurs. Observó una relación lineal positiva entre ambos factores (aumenta la velocidad, la frecuencia cardíaca aumenta de forma proporcional), pero notó un punto de deflexión en la relación, una pérdida en la linealidad al llegar a las intensidades más elevadas en una prueba incremental. Cuando descubrió que ese punto de deflexión estaba relacionado con el umbral anaeróbico, diseñó una simple prueba para detectarlo.<sup>14</sup> En 1982 presentó el test que lleva su apellido en un completo artículo de investigación, y en 1984 –valiéndose de su conocimiento sobre la relación entre intensidad, frecuencia cardíaca y umbral anaeróbico– saltó a la fama al entrenar al ciclista Francesco Moser, quien batió el récord de distancia en una hora de pedaleo. El récord de Moser y la aparición de los relojes cardiotacómetros popularizaron

14 El test original, utilizado en corredores experimentados, consiste en partir a una velocidad inicial de 12-14 km/h para luego ir aumentándola cada 200 metros de forma gradual (no más de 0,5 km/h).

el uso del test en todo el mundo, y los científicos del deporte se encargaron de modificar la prueba a gusto, adaptándola a distintas poblaciones y a distintos deportes de resistencia, como el ciclismo, la natación y el remo.

La prueba propuesta por el fisiólogo italiano es criticada por muchos investigadores debido a que en varios estudios se comprobó que el punto de deflexión en el comportamiento de la frecuencia cardíaca no se observa en todos los deportistas. A esto se le suma la sobreestimación del umbral de lactato en otros trabajos donde se utilizó este método. Pese a toda la controversia, el test de Conconi y el punto de deflexión de la frecuencia cardíaca siguen teniendo una gran importancia en la planificación del entrenamiento del corredor de distancia.

### **¿En qué me beneficio con el entrenamiento de la resistencia aeróbica?**

La falta de actividad física, algo habitual en la mayoría de los adultos del siglo XXI, conlleva un riesgo elevado de padecer enfermedades asociadas al sedentarismo, especialmente la diabetes de tipo II y las enfermedades cardiovasculares. Cientos de investigaciones han demostrado que el ejercicio aeróbico de moderada intensidad logra una rápida mejora en los factores desencadenantes de estas enfermedades.

Dos investigadores de Canadá, Peter Janiszewski y Robert Ross, presentaron a fines de 2009 una revisión de 200 artículos de investigación relacionados con la actividad física de tipo aeróbico y su influencia en factores de riesgo como la acumulación de adiposidad (grasa) a nivel abdominal, la resistencia a la insulina, el control de la glucemia en diabéticos, la dislipidemia (alteración del metabolismo de los lípidos), la hipertensión, la trombosis, el síndrome de respuesta inflamatoria sistémica y la mala adecuación del sistema cardiorrespiratorio. La mayor parte de estos estudios se apoyaron en programas de actividad física

en los que el ejercicio de resistencia aeróbica era implementado al menos 30 minutos al día durante la mayoría de los días de la semana (actual recomendación de las organizaciones mundiales orientadas a la salud).

La gran conclusión de esta revisión fue que todos los factores de riesgo presentados disminuyen con este tipo de intervenciones, y que las mejoras más importantes se producen en los primeros dos o tres meses.

Es probable que el lector no conozca específicamente todos estos factores de riesgo, pero a partir de esta breve información podrá valorar mejor la necesidad de “ponerse los cortos” y salir a mover el cuerpo.

## 2. ¡Rocky, no escuché la campana! El entrenamiento de la fuerza

### Rocky Balboa, de Apollo Creed a Iván Drago

La oportunidad de su vida había dicho presente y en menos de seis semanas se enfrentaría a Apollo Creed –el gran campeón de los pesos pesados– para disputar el título mundial. Rocky, un boxeador desconocido oriundo de la ciudad de Filadelfia que se ganaba la vida cobrando deudas para un mafioso, decide entrenarse duro para esta pelea de la mano de su viejo entrenador.

En *Rocky I* –película escrita y protagonizada por Sylvester Stallone, ganadora del Oscar en 1976–, vemos al denodado boxeador realizando cientos de abdominales y decenas de flexo-extensiones de brazos. En *Rocky II* el entrenamiento de la fuerza sigue la misma línea, pero se le agregan ejercicios con sobrecarga (pesas), también con una gran cantidad de repeticiones. “47, 48, 49, 50” son los números que salen de la boca del ayudante del entrenador cuando cuenta las ejecuciones de Balboa en un ejercicio de hombros con mancuerna. ¡Qué cantidad de repeticiones!

En la tercera película de la saga se hace presente la aplicación de fuerza a gran velocidad (potencia) y vemos a Rocky realizando carreras cortas (*sprints*) en la playa junto a su ex rival, y ahora entrenador y amigo, Apollo Creed.

Ya en *Rocky IV*, y teniendo que enfrentar a la máquina rusa llamada Iván Drago, Balboa entrena en el helado clima del país de su contendiente. Dentro de la rústica y cálida cabaña donde

se prepara, Rocky levanta una carreta que contiene a su esposa, a su cuñado y a su entrenador, aplicando su fuerza máxima.<sup>15</sup>

En esta seguidilla de películas motivadoras se plasman las manifestaciones de fuerza más comunes: fuerza resistencia, fuerza potencia, fuerza máxima. Pero dejaremos este tema para más adelante. Ahora le daremos protagonismo a la contracción muscular.

## Un extraño pueblo llamado Bíceps

Una señal eléctrica sale del cerebro y se dirige hacia el pueblo llamado Bíceps, tomando una gran autopista denominada Médula Espinal. Debe respetar su carril, ya que otras señales vuelven por la vía contraria llevando valiosa información al centro de mando del cuerpo humano. La señal se abre tomando una de las tantas rutas del sistema nervioso llamadas casualmente “nervios”, en este caso un nervio con dirección al brazo. Vale aclarar que todos los caminos de este rápido sistema están compuestos por uniones entre neuronas, que son células especializadas en este tipo de transporte. Al llegar a Bíceps, la señal eléctrica sale de la ruta y toma una pequeña callecita. La última neurona del camino, llamada “neurona motora”, está conectada a un número determinado de fibras musculares del pueblo Bíceps.<sup>16</sup> La señal eléctrica llega a esta última neurona y

15 El colega Hernán Castro, experto en biomecánica, hizo la siguiente observación: la carreta que levanta Rocky concentra su peso muy cerca del eje de giro, con lo cual el señor Balboa no está realizando una fuerza equivalente al peso de las tres personas que vemos sobre el carro. Iván Drago, en su cómodo gimnasio, sí realiza una fuerza equivalente a la carga que observamos en la pesada barra.

16 En este y en todos los pueblos de ese mundo llamado “cuerpo humano”, una neurona puede estar conectada a muchas fibras musculares, pero una fibra muscular está conectada sólo a una

de allí pasa a todas las fibras musculares conectadas. Las fibras responden contrayéndose (haciéndose más cortas), actuando la placa motora como un conjunto. Al mismo tiempo, otras señales llegan a distintas placas motoras del pueblo y las fibras musculares “electrocutadas” presentan una gran cantidad de energía mecánica.

Sin tener un gran conocimiento de todo esto, una mujer observa a su marido levantar una pesada bolsa del supermercado para ponerla sobre la mesa de la cocina.

### **Fibras rojas y blancas, lentas y rápidas**

Allá por 1880 y en sus lecciones de anatomía del sistema muscular, el anatomista francés Louis Antoine Ranvier hizo una primera clasificación de las fibras musculares. Observando la musculatura del conejo, se dio cuenta de que las fibras musculares más rojas se contraían a menor velocidad que las más pálidas. Esto dio lugar a la categorización de las fibras en dos tipos, las rojas y las blancas.<sup>17</sup>

Engel, en 1962, denominó a las fibras rojas “fibras de contracción lenta” o ST (del inglés *slow-twitch*), y a las fibras blancas o pálidas, “fibras de contracción rápida” o FT (*fast-twitch*).

A fines de la década de 1960 se empezó a utilizar la biopsia muscular en humanos (técnica quirúrgica que permite tomar pequeñísimas muestras de tejido de entre 80 y 160 mg), que facilita un mejor análisis del músculo en el plano estructural y funcional.

---

neurona. La unión de una neurona con sus fibras musculares es llamada “placa motora”.

17 Ranvier debió tener un excelente estado físico, considerando los 9 MET de la categoría “carnear animales” y sus numerosas investigaciones con conejos.

Brooke y Kaiser, en 1970, presentaron una subdivisión para las fibras FT sobre la base del metabolismo. En algunas fibras de contracción rápida predomina el metabolismo aeróbico y en otras el metabolismo anaeróbico. Las primeras fueron llamadas FTa y las segundas FTb.

Utilizaremos esta simple clasificación de las fibras musculares en ST, FTa y FTb para continuar esta amable presentación.<sup>18</sup> Consideremos ahora algunas diferencias entre estos tipos de fibras:

- Si al tiempo que tardan las fibras ST en lograr el pico de tensión le asignamos un valor 1, las fibras FT llegarían a este mismo pico en 0,4. ¡Mucho más rápido las FT!
- Si a la densidad capilar (cantidad de capilares sanguíneos en un determinado volumen) de las fibras ST le asignamos nuevamente un valor 1, las FTa tendrían una densidad capilar de 0,8, y las FTb de 0,6.
- Lo anterior va de la mano del potencial para producir energía aeróbica de las fibras musculares. Si esta variable toma un valor 1 en las ST, tendríamos un potencial oxidativo de 0,7 en las FTa y de 0,2 en las FTb. Cuanta más sangre pase por las fibras ST, más oxígeno disponible habrá para generar energía por vía aeróbica.
- En cuanto al potencial anaeróbico (sin oxígeno de por medio), asignamos un valor 1 a las ST, un 1,5 a las FTa y un 2 a las FTb.

Y ahora, con tanto conocimiento incorporado, recordemos el grito de un amigo apasionado por la fisiología al enterarse de que su novia lo había abandonado para irse con otro: “¡Yo sabía que esta era una FT!”

18 ¿No les parece amable esta clasificación? En 2000 los científicos Julieen Zierath y John Hawley presentaron una nueva clasificación de las fibras musculares en sólo... ¡10 categorías!

## Todos somos algo rápidos y algo lentos

Un grupo de investigadores de la Universidad de Ohio, en los Estados Unidos, recopiló datos de biopsias musculares de 150 jóvenes universitarios (55 mujeres y 95 varones). El músculo elegido en esta oportunidad fue el vasto lateral, una de las cuatro porciones del cuádriceps. En los hombres encontraron un 40% de fibras lentas y un 60% de fibras rápidas, y en las mujeres un 44% de fibras lentas y un 56% de fibras rápidas.<sup>19</sup>

¡Atención! Si bien estos valores dependen en gran parte de nuestra herencia genética, el tipo de entrenamiento que llevemos adelante puede modificar la composición de fibras en nuestros músculos. Algunas fibras ST pueden convertirse en FT, y algunas fibras FT pueden convertirse en ST.

Si bien no pueden establecer cuánto depende de la herencia y cuánto del entrenamiento, Fink, Costill y Pollock brindan interesantes valores en un estudio de 1977. Los tres científicos tomaron biopsias del músculo gastrocnemio de la pantorrilla (“gemelos” para los amigos) en tres grupos de individuos: corredores de larga distancia de nivel mundial, corredores de larga distancia “de cabotaje” y sujetos sedentarios. Los corredores de elite presentaron los porcentajes más altos de fibras ST en la composición de los gemelos: un 79% (en algunos superó el 92%). En los corredores “buenos pero no tanto” el porcentaje bajó a un 62%, y en los sujetos no entrenados a un 57%.

## Si están mal del corazón, mejor no empujen paredes

Un amigo del profesorado con importante musculatura –apto para empujar en un *scrum* de rugby pero no para realizar movi-

19 Estos son los valores medios de ambos grupos, pero hubo diferencias importantes entre individuos al analizar estos porcentajes.

mientos gráciles– salió furioso de un examen de gimnasia deportiva preguntándose a viva voz: “¿Cuándo van a poner una materia en la que haya que romper paredes?”.<sup>20</sup>

En las siguientes líneas no hablaremos de romper paredes, pero sí de empujarlas.

El Colegio Americano de Cardiología ya lleva tres ediciones de su *Consenso sobre atletas con enfermedades cardiovasculares y deporte* (Bethesda Conference, 1985, 1994 y 2005). A la hora de clasificar los deportes para realizar sus recomendaciones se apoyan en dos variables: la intensidad y el tipo de ejercicio. Al hablar de intensidad hacen referencia al porcentaje de  $VO_2$  máximo requerido en cada deporte, y al hablar del tipo de ejercicio aluden al tipo de acción muscular.

Las acciones musculares pueden dividirse en dinámicas y estáticas, categorías que a su vez incluyen subcategorías.

En una acción *dinámica* el músculo realiza algún grado de tensión, acortándose o alargándose con el consecuente movimiento en la articulación implicada.

Si arrojamamos una pesada piedra hacia arriba,<sup>21</sup> el músculo del tríceps genera tensión acortándose y provoca la extensión del codo. Cuando el movimiento se genera por acortamiento del músculo, la acción es *concéntrica*.

Al patear una pelota, los músculos posteriores del muslo generan tensión para frenar el impulso de la pierna e impedir que salga volando. En esta acción *excéntrica* el músculo genera tensión, pero en vez de acortarse como en el movimiento *concéntrico*, se alarga.

En las acciones *estáticas* los músculos generan tensión, pero no se acortan ni se alargan, mantienen una longitud fija. Si em-

20 Por una cuestión de respeto y privacidad, no daremos aquí el nombre de Jerónimo.

21 Si realizan este experimento, traten de darle algún tipo de inclinación al lanzamiento.

pujamos una pared de frente con todas nuestras fuerzas, varios músculos van a generar una gran tensión: los tríceps, los pectorales, los abdominales, los glúteos, los muslos y los gemelos, principalmente. Los músculos generan tensión, pero sus longitudes no se modifican. Estas acciones también reciben el nombre de *isométricas* (igual longitud).

En el Consenso del Colegio Americano de Cardiología se amplía el concepto de ejercicio “estático” para incluir acciones con cambios muy lentos en la longitud de los músculos y tensiones muy altas.

Los ejercicios “estáticos”, a diferencia de los “dinámicos”, generan un elevado incremento en la presión arterial, lo cual puede ser muy contraproducente en sujetos con algún tipo de enfermedad cardiovascular. Es por ello que el consenso clasifica la escalada deportiva, el levantamiento olímpico y el *snowboard*, entre otros, como deportes peligrosos para atletas con cardiopatía.

## ¡El hombre más fuerte del mundo!

El Gran Circo de Lanús<sup>22</sup> llega a destino, y todos los habitantes de la ciudad enloquecen por ver a su mayor atracción: el hombre más fuerte del mundo. ¡Que empiece la función!

Payasos, acróbatas y malabaristas se ocupan de robar aplausos en un espectáculo de alto nivel. Hombres, mujeres y niños están felices, pero saben que lo mejor llegará sobre el final.

El último payaso en escena tropieza con la rueda de un auto, dando el pie para la entrada de Serginho, el hombre más fuerte del

22 El partido de Lanús forma parte del Gran Buenos Aires y se ubica geográficamente al sur de la ciudad capital.

mundo.<sup>23</sup> La escenografía cambia por última vez y el espectador ve un simpático taller mecánico. Sobre cuatro fuertes bloques de cemento se apoyan las ruedas de un cuidado Fiat 600, automóvil pequeño conocido en la Argentina como *Fitito*. Serginho se prepara para acostarse debajo del auto y así poder empujar hacia arriba con toda la fuerza de sus pectorales y brazos. Su intención es impactar y conmover a los habitantes de la ciudad. Por si esto fuera poco, varios hombres corpulentos esperan para subir al Fiat 600. El auto pesa tantos kilos como el número que lo identifica, pero le han sacado el motor y otros bártulos hasta dejarlo en un peso de 400 kilos.

Serginho se acuesta debajo del auto y comienza a ejercer fuerza sobre el Fitito. La gente se pone de pie al ver que las ruedas del auto empiezan a alejarse de los bloques de cemento. Todos gritan y aplauden desesperados. Serginho saluda a la multitud y, con un ademán, llama a tres de los sujetos que esperan a un costado. Los tres ingresan al vehículo y Serginho hace su segundo intento.

Apoya nuevamente las manos en la base del Fiat 600 y, luego de un minuto de total concentración, las ruedas vuelven a despegarse acompañadas del grito liberador del ejecutante. El auto cae y la carpa del circo estalla de emoción. ¡Serginho, Serginho!

El hombre más fuerte del mundo saluda una vez más y les hace señas a los dos que esperan afuera. Todos pesan casi 80 kilos cada uno, por lo que Serginho va en busca de una hazaña digna de figurar en la historia de la humanidad. Los 400 kilos del auto más los 400 kilos de los cinco sujetos dan un total de... ¡800 kilos! Un equipo médico monta guardia permanente cerca del auto, y Serginho una vez más se recuesta bajo la masa metálica

23 Si bien él decía que era brasileño y hablaba un perfecto portugués, todo el mundo sabía que se llamaba Sergio y que había nacido en San Justo, en la zona oeste del Gran Buenos Aires.

que contiene a sus cinco compañeros. Se borra la sonrisa en el público, y ahora todo es concentración y preocupación. Serginho se apresura a empujar pero, tras un pequeño alarido, el auto no se mueve. Pasa de la sonrisa a la preocupación y de la preocupación a la angustia. La gente se muestra afligida y Serginho se levanta furioso. Los payasos se acercan para darle ánimo pegándole fuertes palmadas en el pecho. Todo parece formar parte del show. Serginho se tira una vez más debajo del auto, apoya las manos sobre la base y entra en un estado de concentración total. Los músculos de sus brazos presentan una leve tensión, una gota de sudor resbala por su frente. El presentador del espectáculo le pide al público una cuenta regresiva. 10, 9, 8... se interrumpen... 7, 6, 5, 4... acompañan el conteo con ambos brazos... 3, 2, 1... “¡Grrrrraaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa!” El fortachón lanza un alarido de guerra. Las ruedas se despegan de los bloques por última vez y el público salta de sus bancos hacia el centro de la carpa. Serginho está feliz: sabe que no puede levantar ni un gramo más.

El hombre más fuerte del mundo ha encontrado su expresión más extrema de fuerza: 800 kilogramos en “una repetición máxima”, valor más conocido como 1RM entre sus forzudos amigos.<sup>24</sup>

### **Serginho sigue entrenando (vuelven la intensidad y el volumen)**

El entrenador científico del hombre más fuerte del mundo no quiere que su deportista estrella pierda fuerza durante el receso circense, y por ello le preparó la siguiente rutina:

24 Ni El Gran Circo de Lanús ni el récord mundial de 800 kg existen. El actual récord mundial para una repetición máxima en el ejercicio de empuje de pecho lo tiene el norteamericano Ryan Kennelly, con 489 kg levantados.

*Lunes y viernes:* 5 series x 3 levantadas de Fitito consecutivas al 90% de la carga de 1RM

*Miércoles:* 3 series x 8 levantadas de Fitito consecutivas al 80% de la carga de 1RM

Sabemos que Serginho puede levantar 800 kg en una repetición máxima, por lo que el 90% equivale a 720 kg (el Fitito, más 4 de sus colegas) y el 80% equivale a 640 kg (el Fitito, más 3 de sus colegas).

Si bien realiza los ejercicios con lo justo, Serginho logra levantar los pesos propuestos en la rutina. ¿Cómo sabía el entrenador que las 3 repeticiones debían llevar una carga del 90% y las 8 repeticiones una carga del 80%? Seguramente había leído un interesante artículo publicado en 1992 por un grupo de investigadores norteamericanos, donde se muestra la relación existente entre la intensidad (carga) y el volumen (repeticiones) en el ejercicio de empuje de pecho en banco plano, más conocido como “*press* de pecho plano”.<sup>25</sup>

Para este estudio, Jerry Mayhew y sus colaboradores evaluaron a un grupo de estudiantes universitarios (184 varones y 251 mujeres) en el test de 1RM en *press* de pecho. Días después de la evaluación de fuerza máxima, los sujetos fueron evaluados con cargas correspondientes a distintos porcentajes de 1RM, con el objetivo de visualizar cuántas repeticiones podían realizar.

25 En este ejercicio el sujeto se encuentra recostado en un banco plano en posición supina (llamada habitualmente “panza arriba” o “boca arriba”) y toma la barra con una separación entre manos un poco más amplia que el ancho de sus hombros; un compañero colabora despegando la barra del soporte y ubicándola por encima del ejecutante y proyectada hacia sus pectorales. A partir de este punto el sujeto baja suavemente la barra hasta que toca su pecho y luego empuja con todas sus fuerzas hacia arriba, hasta quedar con los brazos totalmente extendidos.

La relación encontrada entre cargas y repeticiones fue muy similar en varones y mujeres, y quedó representada de la siguiente forma:

Carga del 100% de 1RM:	1 repetición
Carga del 95% de 1RM:	2 repeticiones
Carga del 90% de 1RM:	3 repeticiones
Carga del 85% de 1RM:	4 o 5 repeticiones
Carga del 80% de 1RM:	8 repeticiones
Carga del 75% de 1RM:	11 o 12 repeticiones
Carga del 70% de 1RM:	14 o 15 repeticiones

La relación entre variables es buena, pero no es lineal porque el número de repeticiones no responde de forma proporcional a las variaciones en la carga.

Conocer estos valores tiene una doble utilidad para el entrenador científico:

1. Con el valor de 1RM en *press* de pecho puede planificar un entrenamiento variando el número de repeticiones por serie, sabiendo cuáles son las cargas que debe prescribir (eso fue lo que hizo el entrenador de Serginho).
2. Si toma un alumno nuevo, no necesita someterlo a un test tan exigente como el de 1RM o repetición máxima. Puede evaluarlo con una carga baja para permitirle realizar unas 10 repeticiones, y luego ir aumentando la carga entre series hasta que no pueda lograr ese número. Si el sujeto realiza 8 repeticiones en su último intento, sabiendo que a ese número le corresponde un 80% de la carga de 1RM, podremos estimar fácilmente la carga en 1RM (valor que representa al 100% de la intensidad en ese ejercicio de fuerza).

Si bien con esta información el entrenador científico avanza un paso más a la hora de planificar sus entrenamientos, es muy importante tener presente que esta relación entre intensidad y volumen probablemente no se adapta a todos los grupos etarios por igual. También es preciso señalar que no todos los grupos musculares responden de la misma manera.

### **Un verano inolvidable: Introducción**

La placa roja de Crónica TV anuncia que faltan 60 días para el verano y no pocos individuos recuerdan que un poco de actividad física no viene mal. Varios se vuelcan a los gimnasios de musculación para realizar algún trabajo de fuerza con diversos objetivos: unos muchachos buscarán incrementar su musculatura para sorprender a las señoritas en la playa; algunas señoritas intentarán sacarse algún peso indeseable de encima, tonificando también sus músculos para sorprender a los muchachos; otros, aprovechando que el ámbito playero induce a practicar deportes, querrán lucir sus habilidades y su potencia; y hasta habrá algunos que buscarán llamar la atención haciendo demostraciones de fuerza máxima.

Los siguientes cuatro cuentos transcurren en un auténtico verano inolvidable, durante el cual un entrenador científico debe preparar a cuatro sujetos, cada uno con una necesidad de fuerza diferente. Para hacerlo se valdrá de libros de fisiología del ejercicio, textos sobre musculación, y hasta algún manual muy específico acerca de las hormonas y la actividad física; pero sobre todo tendrá presente una muy buena revisión de artículos de investigación sobre trabajos de fuerza realizada por un deportólogo de Singapur llamado Benedict Tan.<sup>26</sup>

26 *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(3): 289-302, 1999.

El entrenador sabe que diferentes métodos de entrenamiento en fuerza producen diferentes adaptaciones sobre las fibras musculares, el sistema nervioso y la placa motora, y la regulación hormonal. También es consciente de que la ciencia llegó al gimnasio después que la práctica, y sabe que aún no está todo dicho en materia de entrenamiento de fuerza. Con sus libros, investigaciones y experiencia sobre la mesa, el entrenador intentará cumplir los objetivos que se ha propuesto para sus alumnos.

### **Un verano inolvidable I: La fuerza máxima y un increíble Increíble Hulk**

Pablo viaja todos los veranos a Mar del Plata<sup>27</sup> para hacer uno de los trabajos que más disfruta: es el Increíble Hulk del trencito de la alegría. Su tarea es sencilla: en cada parada del trencito, Pablo reúne a todos los niños que se acercan, los alza en brazos, y desde la posición de cuclillas se levanta dando una gran vuelta con todos los pequeños. Los niños quedan maravillados con la fuerza del Hombre Verde y a los padres no les queda otra opción que comprar un boleto y subir al único vagón del tren.

Pero nuestro héroe va dejando atrás la juventud, y siente que su nivel de fuerza ya no es el mismo de antes. Por eso, faltando un par de meses para la temporada, concurre al entrenador científico para que le prepare un plan de fuerza máxima. Su intención no es aumentar el tamaño de sus músculos, ya que su traje viene con almohadillas, sino incrementar su fuerza para poder levantar a todos los niños que se acerquen al colorido tren.

El entrenador realiza un primer borrador del plan de entrenamiento para el Increíble Hulk marplatense:

27 La ciudad de Mar del Plata es un importante centro turístico ubicado en la costa atlántica argentina, al sudeste de la provincia de Buenos Aires.

- Ejercicio a realizar: sentadilla profunda. Se asemeja a la acción que realiza en su trabajo (levantar niños desde posición de cuclillas).
- De 1 a 6 repeticiones máximas por serie, con cargas mayores a un 80% de 1RM. Sabe que este tipo de trabajo producirá una buena activación neuromuscular y generará algún grado de hipertrofia (aumento de diámetro en la fibra muscular).
- 5 o 6 series de sentadillas profundas por sesión de entrenamiento.
- Pausa entre series de 3 minutos. Esto permite una buena recuperación del sistema neuromuscular.
- 3 sesiones por semana.

Pablo vuelve a ser el Increíble Hulk luego de dos meses de entrenamiento de fuerza máxima, y la gente de “La Feliz” (Mar del Plata) queda sorprendida al ver a este simpático personaje levantando a 7 u 8 niños a la vez.

## **Un verano inolvidable II: La fuerza potencia y el vóley playero**

Mireya está por viajar a Villa Gesell para participar de un torneo de vóley playero con tres amigas del club. Como no le gusta perder ni a las bolitas, busca un entrenador científico para ponerse a punto para la competencia. El entrenador sabe que Mireya necesita incrementar la potencia de piernas, pero sin aumentar demasiado su masa muscular para no cargar con peso extra a la hora de saltar. Veamos las pautas de entrenamiento de nuestro entrenador científico para la joven en cuestión:

- El trabajo de fuerza potencia consistirá en un entrenamiento de contraste. Primero se realizará un ejercicio de fuerza con carga de entre el 60 y el 80% de 1RM, pocas repeticiones y a la máxima velocidad posible.

Inmediatamente después se realizarán saltos de ataque o bloqueo (gestos propios del vóley).

- 6 repeticiones por serie de sentadillas con carga del 70% de 1RM + 4 saltos a bloquear. Para realizar el ejercicio a la máxima velocidad posible, los músculos implicados en el movimiento (cuádriceps y glúteos principalmente) deberán reclutar una gran cantidad de fibras a la vez. Al realizar ejercicios de potencia se trabaja principalmente sobre la conexión neuromuscular del desarrollo de fuerza.
- 5 series por sesión de entrenamiento.
- Pausa entre series de 4 minutos.
- 4 sesiones semanales (lunes, miércoles y viernes por la mañana, más los sábados por la tarde).

El grupo de amigas no gana el torneo de verano, pero Mireya, con sus increíbles saltos sobre la arena, gana la atenta mirada del “Mitch Buchannan”<sup>28</sup> de Villa Gesell y una invitación a salir.

### **Un verano inolvidable III: La fuerza resistencia y la chica del bikini azul**

Greta, sus impactantes curvas y su bikini azul son famosos en las playas de San Bernardo. El verano se acerca una vez más y la susodicha no se encuentra en su mejor momento. Su otrora halagüeño marido ha cambiado el “sos mi dulce de leche” por el “aflojá con el dulce de leche”; pero Greta no quiere dar el brazo a torcer, y ni loca piensa en reemplazar su bikini azul por un traje de baño enterizo.

28 Mitch (David Hasselhoff) era el capo de los guardavidas en la serie *Baywatch*.

Suena el teléfono en la casa del entrenador científico y una vez más el hábil estratega se sienta a redactar algunas pautas de entrenamiento para Greta. Aprovechando que en el edificio donde vive “la chica del biquini azul” hay un gimnasio, el entrenador diagrama un entrenamiento de resistencia aeróbica en la cinta de correr, acompañado de un entrenamiento de fuerza resistencia en circuito. Veamos de qué trata esta segunda parte:

- Greta realizará dos circuitos por sesión de entrenamiento. El primer circuito comprenderá 4 ejercicios: flexoextensiones de brazos con rodillas apoyadas (las famosas lagartijas), abdominales al medio en colchoneta, dorsales en polea y sentadillas. El segundo circuito comprenderá otros 4 ejercicios: *press* de hombros con mancuernas, abdominales cruzados en colchoneta, remo a un brazo con mancuerna y estocadas al frente. Si prestan atención, notarán que en ambos circuitos se alternan ejercicios del tren superior, el tren inferior y la zona media del cuerpo. De esta forma, mientras un grupo muscular trabaja, los otros disfrutan de un pequeño descanso.
- Se realizarán 15 repeticiones en cada uno de los ejercicios, y se pasará de ejercicio a ejercicio con una breve pausa de entre 15 y 30 segundos. Las cargas se ubicarán entre el 50% y el 60% de 1RM en todos los ejercicios (volumen alto e intensidad media).
- Durante el primer mes de entrenamiento realizará tres pasadas por circuito y por sesión de entrenamiento, y en el segundo mes empezará a realizar cuatro pasadas por circuito. Entre estas pasadas hará una macropausa de entre 2 y 3 minutos.

El entrenamiento en circuito consiste en un trabajo de intensidad media con un gran volumen de repeticiones. Los músculos

realizan muchas contracciones y sus necesidades energéticas se cubren en gran parte gracias al metabolismo aeróbico (¡a repasar el capítulo 1!). Si observamos el entrenamiento en circuito desde el punto de vista de la resistencia aeróbica, veremos que la carga de trabajo se encuentra cerca del 50% del  $VO_2$  máximo.

Greta realiza su entrenamiento aeróbico en cinta más el entrenamiento de fuerza resistencia en circuito durante dos meses.

El bikini azul ya está celeste de tanto uso, pero Greta por fin puede lucirlo con orgullo en el alborotado verano de San Bernardo.

#### **Un verano inolvidable IV: La hipertrofia y el joven sentado en la arena**

Narciso está dispuesto a incrementar su masa muscular al máximo para constituirse en el nuevo ícono de la playa Bristol<sup>29</sup> de Mar del Plata, reemplazando a los famosos lobos marinos. Sabe que tiene una sola chance de lograrlo: llamar al entrenador científico.

El entrenador habla con el joven y le comenta que deberá someterse a un intensivo entrenamiento de fuerza en el gimnasio, trabajando todos los músculos de su cuerpo. Narciso pone una sola objeción: sólo trabajará de la cintura para arriba (se excusa diciendo que de las piernas se ocupa jugando al fútbol con amigos). Al entrenador científico no le gusta el límite impuesto por el nuevo alumno, pero de todas formas decide implementar el plan de hipertrofia. Veamos ahora algunas pautas de entrenamiento para Narciso:

29 La playa Bristol es una de las más populares de Mar del Plata. En ella se sitúan las estatuas símbolo de la ciudad, dos imponentes lobos marinos.

- Lunes y jueves trabajará sobre los músculos de la espalda, bíceps y abdominales. Martes y viernes realizará ejercicios de pecho, hombro y tríceps.
- De 6 a 12 repeticiones por serie, con intensidades entre el 70% y 80% de 1RM.
- De 8 a 12 series por grupo muscular (muuuuuuuucho volumen).
- Poca pausa entre series. De acuerdo con varias investigaciones, esto produce una mayor respuesta de la testosterona (hormona anabólica).

Narciso llega al verano con un importantísimo aumento de su masa muscular de la cintura para arriba. Ahora bien, de la cintura para abajo... dos frágiles y poco tentadoras patas de tero son las encargadas de soportar todo el peso ganado con el entrenamiento. Narciso intenta permanecer parado a orillas del mar con el fin de observar su nueva figura en el reflejo del agua, pero se cansa fácilmente y necesita volver a la lona para reposar sobre sus radiantes tríceps. En su obligado descanso contempla el ir y venir del famoso trencito de la alegría con un forzado Increíble Hulk a la cabeza. Niños y adultos reparten su atención entre los lobos marinos y el Hombre Verde, y pulsan con entusiasmo los botones de sus cámaras fotográficas para llevarse a casa los recuerdos de un verano inolvidable. Narciso, aplastado sobre la arena, entiende que está muy pero muy lejos de ser uno de los primeros centros de atracción de “La Feliz”.

Si bien esta serie de cuentos titulada “Un verano inolvidable” se fundamenta en sólidas bases científicas, el autor quiere aclarar que está lejos de ser un compendio de recetas mágicas para trabajar la fuerza.

## **Frankenstein, electroestimuladores y otros aparatos**

En 1816 y luego de una horrenda pesadilla, Mary Shelley, de 18 años de edad, escribe su famosísima novela *Frankenstein o el moderno*

*Prometeo*. De la mano del doctor Víctor Frankenstein y sus generadores de electricidad, un cuerpo humano armado con pedazos de cadáveres cobra vida y se convierte en uno de los monstruos más famosos del planeta. La escritora inglesa, gracias a la información que manejaba su círculo de amistades, estaba al tanto de lo que acontecía en los laboratorios de los científicos de la época.

A fines del siglo XVIII el ser humano comenzó a tener cierto control sobre la electricidad y esto lo llevó a desarrollar abundante investigación sobre el tema. Luigi Galvani, científico italiano de la Universidad de Bolonia, realizaba experimentos con electrostática y ranas. Aplicando un escalpelo cargado de electricidad sobre el sistema nervioso de una rana muerta y observando el patalo del anfibio diseccionado, Luigi y su equipo descubrieron la naturaleza eléctrica del impulso nervioso y la contracción muscular (el término “galvanizar” se utiliza en biología para describir la estimulación de músculos o nervios a través de corrientes eléctricas). En los primeros años del siglo XIX, el sobrino de Galvani, Giovanni Aldini, dio un paso más en el galvanismo y recorrió gran parte de Europa montando demostraciones de gran nivel artístico, electrocutando cuerpos de animales y de humanos sin vida. Estos experimentos llegaron a oídos de Mary Shelley y seguramente dispararon la pesadilla que dio origen a su novela.

Paralelamente a la aparición de *Frankenstein*, la electroestimulación se deslizó por la ventana del mundo médico y llegó a ocupar un importante lugar en el consultorio. Se la utilizaba en el tratamiento de casi todo tipo de enfermedades, e incluso se llegó a pensar en la hipotética recuperación de miembros paralizados a través de esta técnica. Los más optimistas creían que el perfeccionamiento del estímulo eléctrico conllevaría implícitamente la posibilidad de reanimar cuerpos sin vida. En pleno siglo XXI descartamos esto, pero la electroestimulación, a través de modernos dispositivos, continúa formando parte de tratamientos de rehabilitación muscular e incluso compartiendo un lugar en la planificación de entrenamientos de alto rendimiento deportivo.

Le tecnología no sólo avanzó en cuanto al instrumental para producir estímulos eléctricos, sino también en lo que respecta a dispositivos que permiten evaluar la actividad eléctrica del músculo esquelético. A través de la electromiografía –técnica que mediante un electromiógrafo registra los niveles de actividad muscular– el científico del deporte puede valorar el compromiso de un grupo de músculos en un determinado ejercicio. Con el objetivo de que el lector comprenda la utilidad de esta técnica en el área deportiva analizaremos un par de ejercicios sobre la musculatura abdominal, polémica de por medio.

### **Abdominal largo *versus* abdominal corto**

En *Rocky III*, el anciano entrenador de Balboa viaja al más allá y ni Luigi Galvani ni sus seguidores pueden traerlo de vuelta. Un Rocky apenado, al borde de su retiro del boxeo luego de ser derrotado por Mario Baracus, recuerda una tarde con su mentor:

“Tengo un pequeño regalo para ti.” Y Mickey se saca del cuello una cadenita con un dije en forma de guante. “Mira esto, ¿lo ves? Es mi objeto favorito. Me lo dio Rocky Marciano. ¿Sabes qué es? Su guante gemelo. Y yo quiero dártelo a ti. Será como un ángel guardián, ¿comprendes? Si alguna vez te lastiman y sientes que te vas a caer, este angelito te susurrará al oído y te dirá: “¡Levántate hijo de perra... porque Mickey te ama!”

El anciano no hace referencia a levantarse gracias a la contracción de los abdominales, pero la escena puede ayudarnos a entrar en el tema.

*Rocky* marcó tendencia entre los que nos iniciamos en el deporte mirando sus películas; y el ejercicio abdominal en el que empezamos acostados mirando al techo y terminamos sentados (“abdominal largo” o “*sit-up*”) era el elegido a la hora de fortalecer este grupo muscular. Luego apareció el “abdominal corto” o “*curl-up*”, donde flexionamos el tronco despegando en

secuencia la parte alta, media y baja de la espalda del piso, pero no nos levantamos hasta quedar sentados. La explicación a favor de este último es sencilla de comprender: en el abdominal corto sólo flexionamos el tronco, acción que realiza el grupo de músculos abdominales; en el abdominal largo, a partir de la posición final del *curl-up*, el tronco se eleva a expensas de la flexión de cadera, acción que realizan los músculos flexores de la cadera (no los abdominales).

¿Y cómo sabemos que esto es así? Bienvenidos a este análisis de la electromiografía.

En un estudio que reunió a investigadores de Australia, los Estados Unidos y Bélgica,<sup>30</sup> se analizó la actividad eléctrica de un grupo de músculos mientras ejercitaban el abdominal largo. A través de electrodos (conductores eléctricos que conectan al electrocardiógrafo con el cuerpo del sujeto evaluado) ubicados superficialmente sobre los músculos esternocleidomastoideo, recto anterior del abdomen, oblicuo externo, tensor de la fascia lata, pectíneo, recto anterior del cuádriceps y bíceps femoral, se realizó un registro del patrón de activación muscular. Veamos qué encontró este grupo de científicos.

En la fase del abdominal largo que correspondería a la ejecución del abdominal corto (flexión de columna) se produce el pico de activación del recto anterior del abdomen y del oblicuo externo (músculos abdominales), especialmente al despegar la zona lumbar del piso. Luego, y en la búsqueda de la posición de sentado por flexión de cadera, la activación eléctrica de los abdominales decrece y toman protagonismo el tensor de la fascia lata, el recto anterior del cuádriceps y el pectíneo (músculos flexores de la cadera).

Esta información no excluye al *sit-up* o abdominal largo de nuestros planes de entrenamiento; más bien deja en claro que, para fortalecer los abdominales, el *curl-up* o abdominal corto es muy apropiado.

30 *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13: 239-252, 2003.

## Teoría de los glúteos cariocas

En el mundo de los gimnasios de musculación, no existe profesor que no haya recibido la siguiente pregunta de alguna dama: ¿cómo hago para levantar la cola?

El director de esta colección puede apoyarse en algunos artículos científicos para decir que el interés de las mujeres en realzar esa parte del cuerpo deriva de un interés masculino, y que todo esto tiene que ver con la conservación de la especie; pero en esta oportunidad sólo intentaremos dar alguna respuesta a la pregunta de las señoritas.<sup>31</sup>

En las siguientes líneas tendremos en cuenta la típica postal de las playas de Río de Janeiro y desarrollaremos una teoría sobre los glúteos o *bundas* cariocas.

Luego de tomar su baño de sol a orillas del mar, la mujer carioca que vive morro arriba tendrá que realizar un intenso trabajo físico para regresar caminando a su hogar. Las chicas del barrio Rocinha, por ejemplo, deberán recorrer unos 1500 metros y ascender desde 0 metros (nivel del mar) a 100 metros para llegar a casa. A un enérgico ritmo de marcha de 7 km/h, la muchacha carioca recorrerá 100 metros en 52 segundos. Si cada 100 metros se detiene aproximadamente 1 minuto para saludar a un vecino, comprar en alguna tienda o simplemente descansar, tendremos un lindo trabajo intermitente con mucha producción de energía vía metabolismo anaeróbico... y otra vez el famoso ácido láctico comenzará a acumularse en el músculo. La acumulación de ácido láctico será acompañada por agua para mantener una correcta relación soluto/solvente dentro de la célula, lo que producirá hinchazón en la fibra muscular y aumento de presión sobre la membrana celular. El cuerpo registrará esto como una amenaza

31 Si desean profundizar sobre el tema formas corporales y atracción entre géneros pueden leer *Sexo, drogas y biología*, de Diego Golombek, en esta misma colección.

para la integridad celular y disparará un proceso de adaptación para incrementar su estructura.<sup>32</sup> Diez o quince tramos de 100 metros de intensa caminata cuesta arriba harán del glúteo carioca un glúteo perfecto.

Los tiempos de trabajo y pausa presentados en este bosquejo de teoría sobre la *bunda* carioca coinciden con los tiempos de trabajo y pausa presentados por distintas investigaciones como los más eficientes a la hora de incrementar la musculatura con ejercicios de sobrecarga. El tiempo que las bellas damas emplean en realizar entre 20 y 30 repeticiones de estocadas o subidas a un banco alternando piernas (de 10 a 15 ejecuciones por pierna) es similar al que emplea la mujer de Río al caminar 100 metros de forma enérgica. Los tiempos de pausa entre series utilizados en trabajos de hipertrofia se encuentran entre los 30 y los 90 segundos, siendo estos tiempos similares a los empleados por las jóvenes en sus pausas. Los 10 o 15 tramos de marcha coinciden con las 10 o 15 series de trabajo por grupo muscular recomendadas para ganar masa muscular y atractivo.

La teoría de los glúteos cariocas es simplemente una hipótesis y requiere estudios científicos para fortalecerse. Aquellas organizaciones que quieran solventar una investigación “in situ” sobre el tema, sepan que el autor de este libro está dispuesto a viajar mañana mismo si hace falta.

### **“Lo que no se mueve no se mejora”**

La frase pertenece a una canción del grupo Calle 13, y bien la conocen quienes padecen o están en riesgo de padecer osteoporosis, especialmente el grupo de mujeres posmenopáusicas. Las

32 La hipótesis de adaptación de la fibra muscular por hinchazón forma parte de la investigación actual sobre el entrenamiento de hipertrofia.

investigaciones sobre el tema no dejan margen de duda: los que pierden masa ósea de forma significativa perderán todavía más si se quedan quietos. Los que realizan actividad física seguramente mantendrán sus niveles de masa ósea, e incluso algunos podrán aumentar ese parámetro logrando huesos más fuertes. Dos investigadoras brasileñas de la Universidad Federal de San Pablo publicaron en 2010 una revisión de artículos sobre el tema y llegaron a importantes conclusiones en relación con los distintos tipos de ejercicio y sus beneficios. El estrés mecánico que producen los músculos al contraerse sobre las inserciones óseas tiene un efecto anabólico sobre los huesos, estimulando la actividad celular y el depósito de minerales en los puntos estresados. Con programas de fuerza a una intensidad del 70 al 90% de 1RM, con series de entre 8 y 12 repeticiones y en 2 o 3 sesiones semanales, las mujeres posmenopáusicas que sufren de osteoporosis logran mantener o aumentar sus niveles de densidad mineral ósea. Y los beneficios no sólo están asociados con la fortaleza de los huesos. Con músculos más fuertes, las personas que padecen osteoporosis pueden moverse con mayor seguridad y evitar así posibles caídas.

A lo largo del capítulo vimos cómo los trabajos de fuerza nos ayudan a estar más fuertes, más potentes, ¿más lindos quizás? También vimos que el trabajo de sobrecarga puede acompañar al entrenamiento de resistencia aeróbica en un programa de actividad física saludable. La Organización Mundial de la Salud, por ejemplo, recomienda hacer 2 o más sesiones semanales de entrenamiento de fuerza que incluyan los grandes grupos musculares. Por último nos dimos cuenta de que, lejos de hacerles un mal a sus huesos levantando pesitas, las personas con osteoporosis se benefician en gran medida con el entrenamiento de sobrecarga.

Y con todo esto podríamos plantear un gran eslogan:

¡HACÉ FUERZA! ¡HACE BIEN!

# Índice

<b>Este libro (y esta colección)</b>	<b>9</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>13</b>
<b>Acerca del autor</b>	<b>14</b>
<b>1. ¡Corre, Forrest, corre! El entrenamiento de la resistencia</b>	<b>15</b>
Forrest Gump, un ejemplo de resistencia, 15. ATP: energía apta para todo público, 16. Botellas de aire para mis pulmones, 16. Los MET y el sistema monetario de la actividad física, 17. ¡Oxígeno, por favor!, 20. El famoso test de Cooper, 23. El Course-Navette (para Cooper que lo mira por TV), 25. Música <i>new age</i> y sistema cardiorrespiratorio, 26. Me late, me late, me late el corazón, 27. Fórmula 220 – la edad ¡no va más!, 28. Uno, dos, tres, ¿en qué zona te ves?, 29. Intensidad y volumen, los grandes protagonistas del entrenamiento, 30. Tango, milonga, salsa y música electrónica, 31. Sangre, sudor y... un agua mineral sin gas, por favor, 32. Cruzando el umbral del amor, 33. Estimado corredor, ha sido Láctico quien impidió su llegada a la meta, 35. ¿En qué me beneficio con el entrenamiento de la resistencia aeróbica?, 38	

## 2. ¡Rocky, no escuché la campana!

### El entrenamiento de la fuerza

41

Rocky Balboa, de Apollo Creed a Iván Drago, 41. Un extraño pueblo llamado Bíceps, 42. Fibras rojas y blancas, lentas y rápidas, 43. Todos somos algo rápidos y algo lentos, 45. Si están mal del corazón, mejor que no empujen paredes, 45. ¡El hombre más fuerte del mundo!, 47. Serginho sigue entrenando (vuelven la intensidad y el volumen), 49. Un verano inolvidable: Introducción, 52. Un verano inolvidable I: La fuerza máxima y un increíble Increíble Hulk, 53. Un verano inolvidable II: La fuerza potencia y el vóley playero, 54. Un verano inolvidable III: La fuerza resistencia y la chica del bikini azul, 55. Un verano inolvidable IV: La hipertrofia y el joven sentado en la arena, 57. Frankenstein, electroestimuladores y otros aparatos, 58. Abdominal largo *versus* abdominal corto, 60. Teoría de los glúteos cariocas, 62. “Lo que no se mueve no se mejora”, 63

## 3. *Flashdance*... ¡Qué sentimiento! El entrenamiento de la flexibilidad

65

Una maniaca en la pista de baile, 65. ¡Qué buen ángulo tiene!, 66. ¡Aprobé Educación Física! Puedo tocarme la punta de los pies, 68. El orangután y la orangutana (están de suerte), 69. Llame ya al 0800-FLEXIBILIDAD y obtenga uno de estos fascinantes métodos, 71. Mesa (redonda) para tres, 72. ¿Cuánto tiempo debo mantener esta incómoda posición?, 74. Marche otro gladiador con desgarró para el consultorio de Galeno, 75

**4. ¡Sáquenme esta grasa de encima! La película protagonizada por más del 60% de la población americana 77**

¡Qué pesado está el mundo!, 77. ¡No soy gordo! Peso 90 kilos, pero mido 1,90 de altura, 78. Menos cintura que una heladera, 80. El agua y el aceite (o por qué flotar es más fácil para los gorditos), 80. ¿Cuánto miden mis rollitos?, 83. Pinti y Cerebelo calculan tu porcentaje de grasa corporal, 84. Los Morbosos de Bruselas, 86. De la nafta super al GNC: utilizar mis reservas de grasa en lugar de glucosa, 87. Primero liquidemos la barriga y después seguimos con el resto, 89. ¿Qué debo hacer para bajar de peso?, 90. Entrenamiento intervalado: ¿mayor pérdida de grasa en menor tiempo?, 92. Gordito activo o flacucho sedentario ¿quién corre un riesgo mayor de “tocar el arpa”?, 95. Medio kilo de grasa = 3500 kcal = una maratón (y un poco más), 96

**5. Prepárese, lector: usted será el nuevo *personal trainer* de... ¡Madonna! 99**

Isla Bonita y *lemon pies*, 99. Midiendo a la Reina del Pop, 99. Planificando el entrenamiento de la Chica Material, 100. Kilocalorías I: Madonna a la carrera, 101. Kilocalorías II: Madonna a la mancuerna, 102. Kilocalorías III: ¿Qué otras cosas hace la famosa rubia?, 103. ¡Que empiece la función! (del *personal trainer* y el nutricionista), 104. Madonna vuelve a los escenarios del mundo, 104

**Epílogo 107**

<b>Apéndice. Diego, la pizza de los jueves y la r de Pearson</b>	<b>109</b>
<b>Glosario</b>	<b>117</b>
<b>Bibliografía comentada</b>	<b>121</b>