

LA FISIOLOGIA DEL AEROBICS*

El aeróbico es un ejercicio completo, en tal forma que aumenta la habilidad de los músculos para usar el oxígeno en la producción de compuestos ricos en energía (trifosfato de adenosina o TPA) que alimentan las contracciones. Los músculos dotados de abundante oxígeno producen TPA rompiendo completamente el carbohidrato (glucógeno) almacenado y las grasas. Tanto como el 50 por ciento de la energía muscular puede provenir de las grasas. En las circunstancias correctas, estas reacciones pueden producir TPA por muchas horas —suficientes para correr un maratón— y se detienen solamente cuando las reservas de glucógeno se agotan. Los tiempos mostrados abajo entre paréntesis indican qué tanto duraría cada tipo de combustible si fuera la única fuente para los músculos durante el ejercicio aeróbico.

Pero cuando la demanda de TPA excede la capacidad del sistema aeróbico, los músculos dependen de las rutas bioquímicas que son anaeróbicas (ocurren sin oxígeno). El metabolismo anaeróbico entra en juego cuando los levantadores de pesas, lanzadores de bala y jabalina y corredores de carreras cortas hacen esfuerzos breves pero masivos, o cuando un corredor de grandes distancias acelera su carrera al final. En tales ocasiones, algo de glucógeno se rompe sólo parcialmente, para lactar, para producir TPA. Este tipo de metabolismo produce la máxima potencia y puede ocurrir inmediatamente, antes de que el corazón y los pulmones hayan tenido tiempo de incrementar el suministro de oxígeno a los músculos. Pero el lactato se forma pronto en los músculos y lleva a la fatiga, y finalmente al agotamiento.

El entrenamiento anaeróbico —levantamiento de pesas y similares— hace que los músculos se fortalezcan parcialmente al incrementar las concentraciones de enzimas en la fibra muscular de contracción rápida que se especializa en la glicólisis anaeróbica. Pero esta clase de entre-

namiento no hace mucho por el sistema cardiovascular.

El ejercicio aeróbico, por otra parte, produce cambios fisiológicos en el cuerpo que parecen estar ligados a la salud. El entrenamiento para la adaptabilidad aeróbica, digamos correr suficientemente rápido para elevar sustancialmente el ritmo cardíaco al menos por diez minutos, lleva a mejoras en la eficiencia del corazón y de la circulación. Los músculos entrenados para la resistencia en vez de la potencia anaeróbica también oxidan más grasas y menos carbohidratos, y pueden trabajar más intensamente y por más tiempo antes de llegar al "umbral anaeróbico", el punto en el cual el metabolismo aeróbico llega a ser inadecuado y los músculos llegan a producir lactato. La resistencia mejora después del ejercicio aeróbico regular, principalmente debido a que las fibras musculares que se especializan en metabolismo aeróbico, las fibras de contracción lenta, sintetizan más enzimas oxidativas y más mitocondria, el lugar de la respiración aeróbica de la célula.

Muerte en la cancha de squash: cómo no ejercitarse

¿Puede ser malo el ejercicio? Una muerte repentina durante (o poco después de) un ejercicio enérgico, en la cancha de squash o en los campos de entrenamiento del ejército, no es algo inaudito. Aun los corredores de maratón entrenados no son inmunes a ataques de corazón fatales. Pero nadie sabe qué tan comunes son las muertes repentinas ligadas con el ejercicio. El registro y la investigación de estos casos son muy incompletos; solamente una investigación nacional podría determinar la verdadera incidencia de la muerte repentina en el deporte. Pero el clima de la opinión médica se está desplazando en favor del ejercicio, tanto para una persona que se recobra de un ataque cardíaco como para un individuo sedentario promedio. El entrenamiento puede ayudar a la víctima de un ataque al corazón reduciendo la cantidad de oxígeno que necesita el corazón a cualquier nivel dado de trabajo, así que el paciente puede hacer más antes de alcan-

zar el punto donde los dolores de pecho indican un corazón hambriento de oxígeno. La cuestión es, ¿debería la gente de edad mediana, en particular, ser advertida de los signos de enfermedad del corazón antes de emprender un ejercicio vigoroso?

La mayoría de los casos de muerte repentina en el deporte es causada por arritmias letales en los latidos del corazón, a menudo en gente con una enfermedad coronaria no diagnosticada. En Norteamérica a cualquiera por encima de los 35 años se le recomienda tener un chequeo físico y un electrocardiograma con ejercicio (ECG) —una grabación de la actividad del corazón tomada durante el ejercicio—. Los británicos, en su mayoría, hallan estas pruebas innecesarias. No mucha gente muere por ejercicio, después de todo, y los ECG's son notoriamente imprecisos. Sin embargo, Robin Northcote y David Ballantyne, cardiólogos del Hospital Victoria en Glasgow, apoyan la prevención por ECG para gente de más de cuarenta años o gente más joven con riesgo a desarrollar una enfermedad coronaria (debido a la obesidad, el fumar, la historia familiar, o a la alta presión sanguínea). Los individuos que muestran una anomalía particular en sus ECG's tienen, dicen ellos, de 10 a 20 veces mayor riesgo de desarrollar subsecuentemente signos de enfermedad coronaria, o hasta de muerte repentina.

Pero la profesión médica no está de acuerdo en que ciertas precauciones son esenciales. Una persona sedentaria de edad mediana debería comenzar a hacer ejercicios a un nivel muy bajo, e incrementar la intensidad del ejercicio sólo gradualmente. El ejercicio debería ser regular y constante, en lugar de intenso y breve; así nadar, correr o andar en bicicleta son mejores que los juegos competitivos de squash.

Todos deberían tratar de hacer ejercicio aeróbico —actividad que promueve la habilidad del cuerpo para usar el oxígeno suficientemente. El entrenamiento para la potencia aeróbica tiene muchos profetas que apoyan esquemas específicos —más notablemente Kenneth Cooper, quien popularizó su entrenamiento "aeróbico" en varios *best sellers*—. Pero no hay nada especial en los varios esquemas o clases "aeróbicas". Todo lo que uno necesita es hacer ejercicio suficientemente vigoroso para elevar el ritmo

* Artículo tomado de la revista *New Scientist*, 23 de febrero de 1984. Traducido por Gerardo Torres del Departamento de Matemáticas del ICUAP.

respiratorio y del corazón —hasta 170 latidos por minuto— evitando hacerlo tanto que usted tenga que suplementar el metabolismo aeróbico con fuentes anaeróbicas de energía. El problema con el metabolismo anaeróbico es que el lactato producido colateralmente pondrá un alto a más ejercicio. Pero el ejercicio no necesita ser esclavo continuo para promover adaptabilidad cardiovascular: el así llamado “intervalo de entrenamiento”, donde diversos ejercicios enérgicos son separados por breves descansos (de digamos 30 segundos) puede también mejorar la capacidad aeróbica. Y hacer ejercicio vigorosamente por una hora o algo así, tres veces a la semana, parece ser suficiente.

El ejercicio isométrico no es muy útil. Los ejercicios isométricos, llamados así debido a que el músculo no es capaz de cambiar de longitud al contraerse contra una fuerza inmóvil, fueron muy populares al principio de los sesenta. Usted podría sentarse en su oficina, se decía, empujar contra un escritorio o una pared, y estar en buena salud y fuerte. Pero esta clase de trabajo a menudo causa un gran aumento en la presión sanguínea y no aumenta significativamente el ritmo cardíaco, así que no hace mucho por promover la adaptación cardiovascular,

y puede producir tensión extrema sobre el corazón.

La combinación de ejercicios isométricos de los músculos pequeños (tales como un apretón de manos) con trabajo dinámico con grandes grupos de músculos (tales como una caminata rápida) puede empujar muy alto el consumo de oxígeno de los músculos del corazón. Esta situación surge clásicamente, como lo expone Archie Young de la Universidad de Oxford, cuando “el ejecutivo de negocios de edad mediana, obeso, hipertenso, agresivo, trata de apresurarse a través de un aeropuerto llevando su maleta.”

Los calentamientos y enfriamientos son también una buena idea: calentamientos tales como una suave carrera o vuelta en bicicleta, lentamente bombean el suministro de oxígeno a los músculos, mientras que los enfriamientos (una conclusión gradual del ejercicio), pueden reducir la probabilidad de desarrollar un latido

del corazón arrítmico y desigual después del ejercicio. El detener el ejercicio repentinamente puede hacer que la sangre se acumule en las piernas, reduciendo el regreso de la sangre al corazón y a las arterias coronarias. Los extremos de temperatura —tales como el sauna o una ducha caliente inmediatamente después del ejercicio— son también desaprobados. Las altas temperaturas aumentan el ritmo cardíaco y pueden producir arritmias. Y al ejercitador se le aconseja poner atención a los dolores de pecho o a las sensaciones de fatiga extrema, ambos son comunes antes de la muerte repentina. En tal caso el mensaje es: dejar de jugar y buscar atención. El fumar, en cualquier momento, pero particularmente después del ejercicio, puede también producir un ritmo irregular del corazón. Y es probablemente mejor no hacer ejercicio mientras se tiene una infección viral: el ejercicio puede causar que una infección menor del corazón se convierta en algo mucho más serio.

LA FISILOGIA EN EL ICUAP

*Enrique Dóger, Enrique Soto**

La fisiología es una de las disciplinas del área biológica más cultivadas en nuestro país. La comunidad científica reconoce a la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas como una de las sociedades científicas nacionales más activas y antiguas del país, y cuya organización le ha permitido mantener la realización de su congreso anual durante 27 años. Ya que, por primera vez en su historia, el Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas se realiza en Puebla, hemos decidido hacer una pequeña revisión del desarrollo de esta disciplina en la Universidad Autónoma de Puebla, y particularmente en el Instituto de Ciencias.

Nos limitaremos en estas consideraciones únicamente a la época que corresponde a los años setenta y ochenta; para nada se pretende analizar de forma exhaustiva la evolución de esta rama del conocimiento. Pretendemos rehacer una parte del cuento, tal como lo hemos vivido.

* Departamento de Ciencias Fisiológicas, Instituto de Ciencias, Universidad Autónoma de Puebla (ICUAP).



La fisiología se ha cultivado en nuestra Universidad asociada fundamentalmente a la enseñanza de las disciplinas básicas en las carreras de Medicina, Odontología y Ciencias Químicas. Al carecer en la Universidad de una escuela de Biología, la fisiología se ha desarrollado solamente en el plano docente. Los primeros intentos serios por impulsar el desarrollo de la investigación en fisiología se dieron en la escuela de Medicina en el año de 1974, cuando se decidió contratar a un distinguido fisiólogo: el Dr. Guillermo Anguiano L. Las condiciones materiales e intelectuales en la escuela de Medicina impidieron prácticamente toda posibilidad de desarrollo, a pesar de la distinguida participación del maestro Anguiano. La situación permanece en un estancamiento hasta que nuevamente en la escuela de Medicina, bajo la influencia del Hospital Universitario (HUP), se decide contratar personal especializado en el campo de la neurofisiología. Es así que a finales de los años setenta se contrata a la Dra. Carmen Lozada C., como jefe del departamento de Electroencefalografía del HUP, y profesora de fisiología y neuroanatomía de la escuela de Medicina. En torno a la Dra. Lozada se agrupa una serie de estudiantes, reforzando el grupo con la contratación de un profesor visitante, el Dr. Fernando Mora C. Coincidentemente, en la escuela de Medicina se cuenta ya en estos años con personal de alto nivel en bioquímica, y la Esc. de Ciencias Químicas cuenta con la colaboración del Dr. Jaime Kravzov.

Con base en este grupo inicial de profesores y un grupo de estudiantes de química y medicina, se decide iniciar, bajo control del HUP, un curso de especialización en Ciencias Básicas Biológicas. Este curso se mantiene funcionando en el HUP por dos años, hasta que finalmente en 1980, por renuncia de algunos profesores y abandono de otros, es cancelado. Se decide becar a 5 estudiantes para hacer cursos de posgrado en Ciencias Básicas en otras universidades del país y el extranjero.

Un nuevo intento de desarrollo en el campo biomédico surge en 1981, pero ahora es el Instituto de Ciencias, bajo la dirección del Dr. Kravzov, el encargado de impulsarlo. En esta ocasión se reúne personal de Ciencias Químicas, Medicina, y adicionalmente se contrata de tiempo completo a dos investigadores para el área de fisiología, Drs. Bjorn Holmgren

y Ruth Urbá; y un profesor visitante, Dr. Rubén Budelli, integrando con este grupo el departamento de Investigaciones Biomédicas del ICUAP. Este departamento, de composición heterogénea, se inicia en 1981, cultivando las áreas de Microbiología Médica, Bioquímica Microbiana, Microbiología del Suelo, Bromatología y Neurofisiología de la Conducta.

Para el año de 1982, el área de Fisiología recibe el refuerzo de tres egresados de Maestría, dos de ellos originados en el curso de especialización del HUP. En este mismo año se trae como profesor visitante al Dr. Juan Roig, figura en torno a la cual se logra dar marcha a un curso de fisiología avanzada para profesores de las escuelas de la UAP. Es así como, para 1982, la sección de Fisiología del ICUAP cuenta con un grupo de 8 investigadores, 6 de tiempo completo y dos profesores visitantes. Se echan a andar los proyectos de fisiología cardiovascular, fisiología sensorial y neurofisiología de vías y sistemas neurotransmisores en el SNC. Para este momento el proyecto de fisiología de la conducta se encuentra ya andando, y se ha producido su primera comunicación internacional.

Si el año de 1982 es el año en que se consolidó la planta docente de la sección de fisiología del departamento de Investigación Biomédica, el año de 1983 es de consolidación en cuanto a la infraestructura de investigación. Durante 1983 se adquirió el grueso del equipo de investigación del departamento. En este año también se someten, por primera vez, dos proyectos de investigación para financiamiento extra UAP. Ambos fueron aprobados recibiendo apoyo de SEP y CONACYT.

A fines de ese año, el departamento de Investigaciones Biomédicas se había hipertrofiado: los grupos habían crecido todos a un ritmo imprevisto, cultivando disciplinas que por razón natural divergían desde el punto de vista académico. Por ello, a fines de 1983, el consejo académico del ICUAP aprueba la proposición del propio departamento de Investigaciones Biomédicas de constituir a partir de 1984 dos departamentos independientes. Uno, el departamento de Investigaciones Microbiológicas (DIM), el otro, el departamento de Ciencias Fisiológicas (DCF).

De esta manera queda constituido en su forma actual en 1984 el departamento

de Ciencias Fisiológicas, el cual queda integrado por los siguientes grupos de investigación:

- a) Neurofisiología de la Conducta
- b) Fisiología Cardiovascular
- c) Neurofisiología Sensorial

En 1984, la planta de investigadores de este departamento decide someter a consideración del Consejo Universitario y de la SEP (PRONAES), la creación de una Maestría en Ciencias Fisiológicas. Esta es aprobada para octubre de 1984, e inicia cursos en enero de 1985, con 10 alumnos.

A grandes rasgos este ha sido el curso que da origen al departamento de Ciencias Fisiológicas de la UAP. Siendo uno de los departamentos de investigación más jóvenes del ICUAP, cuenta actualmente con:

- 3 investigadores a nivel de doctorado;
- 4 investigadores a nivel de maestría;
- 1 investigador a nivel licenciatura;
- 2 auxiliares con licenciatura.

De este personal se encuentran en superación académica:

- 1 estudiante de doctorado, y
- 3 estudiantes de maestría.

Adicionalmente durante 1985, se ha aprobado la contratación de dos investigadores de tiempo completo (categorías "E" y "B", respectivamente).

Se cuenta con 3 laboratorios de Neurofisiología, un laboratorio de Neuroquímica (en proceso) y un laboratorio de conducta. El departamento ha logrado hacer aprobar:

- 2 proyectos con financiamiento en 1983,
- 4 proyectos con financiamiento en 1984.

Como un indicio de la creciente labor de investigación científica en el campo de la fisiología en la UAP, damos el número de trabajos presentados por nuestra Universidad a los Congresos Nacionales de Ciencias Fisiológicas desde 1980 hasta 1985:

1980	0 trabajos
1981	1 trabajo
1982	3 trabajos
1983	5 trabajos
1984	5 trabajos
1985	8 trabajos

Como puede verse la participación de nuestra Universidad en el quehacer de la comunidad científica nacional en fisiología se ha incrementado año con año, hasta constituirse en uno de los grupos más importantes en la provincia.