



Biomecánica deportiva

Músculos en acción

Calidad del aire en Beijing



Sumario

Editorial	3
Hallazgos	4
Polímeros: un nuevo tipo de competencia Elena Pujol Martínez	
Ventana universitaria	6
Medicina y deporte Yassir Zárate Méndez	
Reporte especial	8
Biomecánica deportiva Patricia de la Peña Sobarzo	
Calidad del aire en Beijing Yassir Zárate Méndez	
Reportaje	12
Alimentación y gasto energético Yassir Zárate Méndez	
Escienci@	14
Física y movimiento Dr. Héctor Riveros Rotgé	
Historia de la ciencia	16
Retratando el tiempo Patricia de la Peña Sobarzo	
Asómate a la ciencia	19
Músculos en acción Sandra Vázquez Quiroz	
Espacio abierto	22
Antropometría en nuestra vida diaria Sandra Vázquez Quiroz	
A ver si puedes Alejandro Illanes	
<i>El faro</i> avisa	23





Nuestra portada



Ánfora ateniense de fines del siglo VI a.C. Corredores durante los juegos Panatenaicos. *The Eternal Olympics*, editado por Nicolaos Yalouris, N. Y., 1979.

Directorio

UNAM

Dr. José Narro Robles
Rector

Dr. Sergio Alcocer Martínez de Castro
Secretario General

Mtro. Juan José Pérez Castañeda
Secretario Administrativo

Dr. Carlos Arámburo de la Hoz
Coordinador de la Investigación Científica

El faro, la luz de la ciencia

Patricia de la Peña Sobarzo
Directora

José Antonio Alonso García
Supervisor Editorial

Sandra Vázquez, Yassir Zárare,
Oscar Peralta, Víctor Hernández
y Elena Pujol
Colaboradores

Ana Laura Juan Reséndiz
Diseño Gráfico y Formación

El faro, la luz de la ciencia, es una publicación mensual (con excepción de los meses de julio-agosto) de la Coordinación de la Investigación Científica. Oficina: Coordinación de la Investigación Científica, Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, 04510 México, D.F., teléfono 5550 8834, boletin@cic-ctic.unam.mx. Certificado de reserva de derechos al uso exclusivo del título no. 04-2002-120409080300-102.

Impresión: Reproducciones Fotomecánicas, S.A. de C.V., Democracia 116, Col. San Miguel Amantla, Azcapotzalco, C.P. 02700, México, D.F.

Distribución: Dirección General de Comunicación Social, Torre de Rectoría 2o piso, Ciudad Universitaria.

Prohibida la reproducción parcial o total del contenido, por cualquier medio impreso o electrónico sin la previa autorización.

Educación competitiva

“Siempre sé el mejor y sobresale entre los demás” fue la famosa exhortación de Peleo a su hijo Aquiles, cuando se disponía a partir a la guerra de Troya, en la que ganaría la gloria o moriría. Este conciso aforismo contenido en el poema épico más antiguo del mundo griego ilustra la actitud y los ideales, no sólo de los héroes homéricos, sino de los griegos a través del curso histórico de la Antigüedad. En la *Iliada*, el héroe guerrero siempre compite por ser el mejor en valentía y en el ejercicio de sus habilidades militares.

No es difícil seguir el rastro del espíritu competitivo entre los griegos, ya que está manifiesto no sólo en la guerra, sino en casi cualquier aspecto de la vida cotidiana, donde se creaba una rivalidad orientada a dar resultados fructíferos.

El hecho de que los griegos instituyeran los juegos de atletismo, demuestra que tanto éstos como el espíritu de competencia encauzado hacia la victoria del mejor, tiene profundas raíces. Su filosofía en torno al más alto, más rápido y más fuerte de las competencias olímpicas respondía a una filosofía integradora en la que toda Grecia se unía con base en los valores comunes.

Los griegos tenían la capacidad de frenar las guerras y respetar el espíritu olímpico porque, a pesar de estar divididos en ciudades-estado, constituían una unidad cultural. Compartían principios que se respetaban y los juegos reflejaban justamente esa sociedad, donde las diferencias entre bandos se postergaban con base en principios comunes que no se ponían en duda.

Hoy en día los Juegos Olímpicos modernos son también reflejo de nuestros valores, de nuestra sociedad, aunque se trata de una celebración potencializada por los medios de comunicación, el escenario ideal para ventilar conflictos y multiplicar efectos. Las grandes marcas

multinacionales y las tensiones políticas se dirigen a ese escenario bajo la premisa del consumo. La corona de olivo y el honor griego han sido reemplazados por grandes sumas de dinero.

Pero el secreto del éxito no puede medirse exclusivamente en pesos. Por ello, cada día es más necesario que nuestra sociedad promueva, defienda y practique valores basados en una ética laica, por ejemplo, muchos de los que han sustentado al deporte desde la época de la antigüedad griega, como la solidaridad, el espíritu de equipo, la honestidad, la disciplina, el esfuerzo, el sacrificio, la constancia, la confianza en sí mismo, el cumplimiento fiel del reglamento, humildad en la victoria y fortaleza en la derrota, etcétera.

Sería conveniente que esos principios éticos que sustentan al deportista también se aplicaran al estudiante universitario e incluso de cualquier grado. Cada alumno ha de convertirse en un atleta del conocimiento y hacer suyos los valores éticos que alientan al competidor olímpico.

En ocasiones se ha errado el camino educativo, pero el privilegio de trabajar en la educación es que, como ocurre en el deporte, siempre hay una nueva oportunidad para lograr las metas y el éxito. No es una tarea sencilla; muy por el contrario, como lo ha demostrado la experiencia, recorrer el camino educativo exige esfuerzo, compromiso y continuidad.

Inmersos como estamos en un gran ambiente olímpico, quizá sea un buen momento para pensar qué somos y qué pretendemos ser, si más competitivos o más solidarios; porque una tarea básica de las universidades es formar egresados comprometidos con la sociedad y ciudadanos con ética y no sólo profesionistas con capacidades para competir, sino también para compartir con la sociedad sus logros. Como lo expresó recientemente el rector de la UNAM: la formación educativa debe considerar el compromiso con México.

El faro

Elena Pujol Martínez

Polímeros: un nuevo tipo de competencia

Actualmente, la química y la tecnología de polímeros constituyen una de las áreas más importantes de la ciencia de materiales. Fundamentales en el desarrollo de procesos naturales y sintéticos, los polímeros forman una gran familia de compuestos químicos cuyas aplicaciones van desde la industria farmacéutica a la automotriz.

En la Facultad de Química, el investigador Carlos Guzmán ha dedicado su vida al estudio de la naturaleza de los polímeros, moléculas gigantes resultado de la unión química de miles muy pequeñas (monómeros), que ejercen funciones esenciales en la vida cotidiana e incluso en nuestro propio organismo.

Existen polímeros naturales, como la lana, el hule de los árboles de hevea o la fibra de celulosa. Ésta última, presente en la madera y en las hojas y tallos de muchas plantas, es utilizada para elaborar telas y papel. Los carbohidratos, las proteínas, los ácidos nucleicos y nuestro cabello y piel también son poliméricos.

Los polímeros naturales pueden modificarse artificialmente para obtener determinadas propiedades. La celulosa, por ejemplo, puede ser tratada y convertida en "nitrocelulosa", un polímero a partir del cual se creó el celuloide, que dio origen a la película fotográfica.

Sin embargo, la mayoría de los polímeros son elaborados por el hombre. Gracias a sus propiedades mecánicas, aislantes y térmicas, los polímeros sintéticos permiten la producción industrial de numerosos materiales: bolsas, botellas, discos compactos, textiles, pinturas, adhesivos e incluso utensilios de cocina, que ofrecen una mayor resistencia, mejores propie-

dades barrera al paso de los gases y mayor ligereza y elasticidad.

Polímeros y deporte

Los polímeros son también protagonistas en el mundo del deporte. Pistas de atletismo, calzado deportivo, esquís, botas, cascos, productos textiles, accesorios, todos requieren de un material polimérico que proporcione al deportista seguridad, mayor facilidad de movimiento, menor peso o más capacidad de rebote. El tratamiento de ciertos materiales disminuye incluso el coeficiente de fricción, por ejemplo en los trajes de baño, lo que permite al nadador deslizarse más rápidamente.

Carlos Guzmán explica que en 1968, México fue el primer país en utilizar en Juegos Olímpicos una pista de atletismo sintética llamada tartán. Durante la década de 1970, el uso de estas pistas, anteriormente de arcilla, se extendió por todo el mundo. Se desarrolló para ellas un tipo de hule que ha ido perfeccionándose con el tiempo. Para elaborar este material se requiere un equipo científico que determine factores como la cantidad de energía que absorbe la pista al ser pisada y cuánta regresa al deportista.

Las ventajas que los materiales poliméricos proporcionan a accesorios como el calzado deportivo son numerosas. Este tipo de prendas concentra entre 15 y 20 polímeros diferentes, como poliuretano, PVC (cloruro de polivinilo), hules de diversos tipos, textiles o adhesivos, cuyas funciones varían: ofrecer ligereza, eliminar la absorción de agua o dar estabilidad a la suela, entre otras. El tipo de calzado se adapta a cada competencia; incluso grandes empresas estudian el pie de un determinado atleta para fabricar un zapato exclusivo para él.

Polímero de nailon seis. Oxígeno (rojo), carbono (negro), nitrógeno (azul), hidrógeno (blanco).

Guzmán señala que todos los textiles utilizados en el deporte son poliméricos. Antes, esta ropa era de algodón, pero actualmente se fabrica con materiales más ligeros que impiden la absorción del sudor, y está elaborada para determinados climas y tipos de competencia.

La producción de estos materiales requiere de una gran inversión, y la industria debe contar con la capacidad tecnológica para elaborarlos y con un equipo científico capaz de desarrollar innovaciones.



La tecnología para el calzado deportivo utiliza materiales poliméricos como hules sintéticos y textiles de alto desempeño que permiten una mejor adaptación del pie del atleta a determinado deporte.

Competencia tras la competencia

Paralelamente al mundo del deporte se han desarrollado dos nuevos tipos de competencia. Por una parte, los atletas ya no dependen sólo de su entrenamiento y condición, sino también de innovaciones tecnológicas que les ayudan a alcanzar un mayor rendimiento.

Guzmán plantea que los materiales que la tecnología proporciona pueden dar al deportista algunos segundos de ventaja. Desde el peso de una bicicleta, hasta un ligero cambio en el uniforme son fundamentales para ganar. En el caso del ciclismo, el peso de la bicicleta se ha reducido de 20 kilos o más hasta los seis kilos, gracias a sus componentes elaborados a base de fibra de carbono y resina poliéster. Los ciclistas alcanzan mejores tiempos por las innovaciones introducidas en la bicicleta, cuyo diseño y aerodinámica también han mejorado.



La tecnología aplicada al deporte se ha dedicado también a reinventar el calcetín añadiendo acabados antioloros o antimicrobios e incluso antifricción.

El precio de los materiales es proporcional a su calidad. Así, tras la deportiva, esta competencia por acceder a un mejor equipamiento ha originado una polémica sobre qué accesorios o equipos deportivos deben ser aceptados. Guzmán señala que todos los nuevos materiales son sometidos a la aprobación de las correspondientes federaciones. El problema es que no todos los países cuentan con la tecnología o los recursos necesarios para adoptar las últimas innovaciones.

Por otra parte, explica el investigador, surge otro tipo de competencia en cuanto a la fabricación y uso

Hoy se utilizan muchas fibras sintéticas como el poliéster, nailon y poliuretano, entre otros, destinados a proporcionar al deportista un mejor desempeño.

de nuevos materiales. Con el deporte emerge un mundo de ciencia y alta tecnología que busca elaborarlos y adecuarlos a cada disciplina e incluso adaptarlos a cada deportista. Físicos, químicos e ingenieros se encargan de su estudio y desarrollo, lo que está revolucionando el mundo del deporte. Plásticos, hules, fibras naturales y sintéticas y recubrimientos como pinturas y adhesivos forman parte de los grandes grupos donde los polímeros conforman los materiales más competitivos.

El problema ecológico

Los polímeros sintéticos se producen en enormes cantidades y muy pocos son biodegradables, aunque muchos son reciclables. Según Guzmán, el problema radica en que el proceso de reciclaje no se lleva a cabo correctamente en muchos países. Al ser quemados, pueden liberar sustancias muy tóxicas al medio ambiente, por lo que es imprescindible un proceso de reciclaje que permita reutilizarlos y evitar un alto nivel de contaminación.

El uso de los polímeros es resultado de una revolución científico-tecnológica que aporta grandes ventajas a nuestra vida diaria; sin embargo, es necesario crear una conciencia de reciclaje que permita seguir fabricándolos sin que provoquen graves daños al medio ambiente. 🌀

La superficie de las pistas de atletismo está hecha de un material muy resistente y deslizante llamado tartán.



Cascos, vestimenta, calzado, son algunos de los accesorios deportivos elaborados a base de polímeros. Los componentes de fibras de carbono y resina poliéster en las bicicletas han reducido considerablemente su peso.



Medicina y deporte

Yassir Zárate Méndez

El deporte se ha convertido en una actividad significativa para casi todo el mundo. Tanto los deportes nacionales o tradicionales, como los regulados y sancionados por organismos como la FIFA o el Comité Olímpico Internacional, llaman poderosamente la atención de las multitudes. Los federados, es decir, aquellos que responden al control de organizaciones internacionales, generan ganancias millonarias. Tan sólo el fútbol obtiene rendimientos de miles de millones de dólares para los clubes, las federaciones nacionales, los anunciantes, los medios de comunicación masiva, los fabricantes de ropa e implementos, los deportistas y hasta las mismas autoridades. El desarrollo de



La Dirección de Medicina del Deporte cuenta con equipo especializado para evaluar la condición física de los deportistas.

la ciencia y la tecnología ha contribuido a mejorar el rendimiento de los deportistas; una consecuencia indirecta ha sido el gran negocio en el que se ha convertido el deporte.

Los Juegos Olímpicos de Beijing sirven para resaltar una actividad que involucra muchos intereses, pero que sin duda también puede acarrear un sinnúmero de beneficios para quien decida practicar un deporte, aunque su aspiración no sea la del alto rendimiento.

Medicina del deporte en la UNAM

La Universidad Nacional cuenta con la Dirección General de Actividades Deportivas y Recreativas (DGADyR), que tiene como propósito "la promoción de la práctica regular de actividades físicas, el fomento de éstas para obtener beneficios a la salud y el fortalecimiento de la educación integral de los estudiantes, por medio del deporte", según se consigna en su sitio web.

A ella se encuentra adscrita la Dirección de Medicina del Deporte, cuya titular, María Cristina Rodríguez, concedió una entrevista a **El faro** para dar a conocer los

servicios que ofrece la UNAM en materia de medicina deportiva; al mismo tiempo, ofreció un panorama de lo que ocurre con el deporte de alto rendimiento, como el que se desarrolla en esta justa veraniega.

Para Cristina Rodríguez, la medicina del deporte se ha auxiliado de distintas ciencias, como la química, la física y hasta la ingeniería y la arquitectura. A manera de ejemplo, destacó que en la dirección a su cargo se realizan pruebas para conocer y valorar aspectos físicos de los deportistas. Entre ellas se encuentran la antropometría física, donde se ve la proporcionalidad corporal, el porcentaje de tejido adiposo, la masa muscular y el biotipo; también ayuda a determinar el potencial muscular aeróbico y anaeróbico de cada atleta; además, permite mejorar científicamente los entrenamientos y los cuidados particulares.

En la Dirección de Medicina del Deporte también se atienden lesiones deportivas. "Tenemos una clínica de evaluación morfofuncional que incluye aspectos como historia clínica, antropometría, electrocardiografía, espirometría, pruebas bioquímicas y de esfuerzo, biomecánica, psicología, nutrición y odontología".

A partir de estos análisis se determina el porcentaje de grasa y de músculo en el cuerpo del atleta, o los niveles de hemoglobina, triglicéridos, colesterol y ácido úrico para



La antropometría física, donde se ve la proporcionalidad corporal, el porcentaje de tejido adiposo, la masa muscular y el biotipo, también ayuda a determinar el potencial muscular aeróbico y anaeróbico de cada atleta.

anticipar la relación de su riesgo cardiovascular. La doctora Rodríguez detalló que, por ejemplo, el electrocardiograma de reposo evalúa la función eléctrica del corazón, mientras que la espirometría cuantifica los volúmenes y capacidades pulmonares. "Si lo anterior está bien, los

sometemos a otras pruebas, como la de esfuerzo, en una banda sin fin, donde se monitorean varios aspectos del paciente. Después pasan al laboratorio de biomecánica para medir su velocidad de reacción por medio de un aparato que emite rayos de luz y sonidos, donde el paciente debe apretar un botón, con lo que podemos evaluar la capacidad de respuesta a estímulos visuales y auditivos. También contamos con una plataforma para salto vertical, con la que determinamos el tiempo que se mantiene en el aire”.

Deporte, medicina preventiva del futuro

Para esta especialista, la práctica de alguna actividad física permitiría evitar un auténtico cúmulo de enfermedades, como hipertensión, diabetes, osteoporosis u obesidad: “Llegará un momento en que nuestro país no podrá manejar al gran número de pacientes que presenten alguna de estas enfermedades. Ahora somos el país con el segundo mayor índice de obesidad, des-



Entre los aparatos con que cuenta la Dirección de Medicina del Deporte, se encuentra una plataforma para salto vertical. Este dispositivo permite cuantificar el tiempo en que los deportistas se mantienen en el aire.

pecialista señaló que hay muchos métodos y sustancias para mejorar artificialmente el rendimiento de los deportistas.

Lamentó que la ciencia se use para desvirtuar el espíritu deportivo: “desafortunadamente, la ciencia está ligada de una manera muy importante con el dopaje para permitirle al deportista mejorar su rendimiento. El *doping* se sigue empleando por más que se castigue a los que lo usan. Buscan ser

más fuertes o resistentes a las pruebas. Y aunque tiene muchas repercusiones nocivas, llega un momento en que no les importa”.

Más alto, más rápido, más fuerte, más sano

En este amplio contexto, destaca la oferta de la Universidad tanto en instalaciones deportivas, como en programas. Toda la comunidad universitaria puede acceder a los servicios ofrecidos en la institución; en este sentido se inserta el área de medicina deportiva, que atiende tanto a atletas de alto rendimiento, como a otros que practican ocasionalmente esta actividad; quizás valdría la pena lanzar la idea de incluir a la educación física en los programas académicos de nivel superior.

Y es que no debemos perder de vista la importancia que puede llegar a tener el deporte en el mejoramiento de nuestra calidad de vida, particularmente en los hábitos que se han ido imponiendo, como el sedentarismo, además de la mala alimentación. No debemos olvidar que desde tiempos antiguos la actividad atlética se considera una vía para tener una buena salud, pero también para alcanzar el reconocimiento de la comunidad.

Fotos: Jacob Villavicencio Zavaleta, DGADyR.

La banda sin fin permite efectuar pruebas de esfuerzo físico.

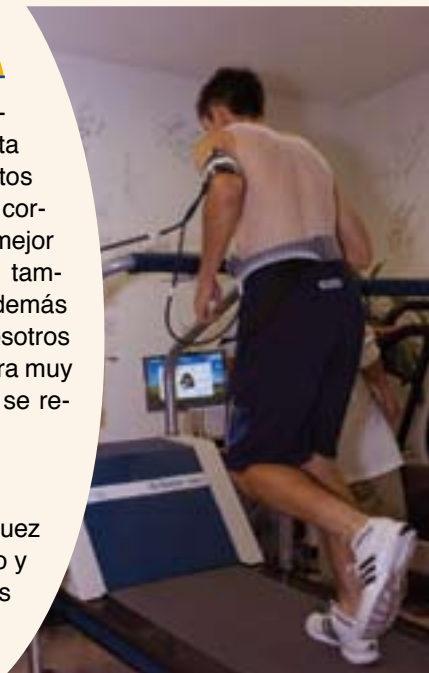


La espirometría permite monitorear el volumen y la capacidad pulmonar de los deportistas.

pués de Estados Unidos. Y eso se debe tanto a malos hábitos alimenticios como a la falta de ejercicio. Hacer deporte podría evitar estos riesgos a la salud. Tendríamos un mejor peso corporal, seríamos más activos, lograríamos mejor coordinación y velocidad de reacción, pero también podríamos evitar muchos problemas, además de mejorar la percepción que tenemos de nosotros mismos; la autoestima aumenta de una manera muy importante cuando se practica un deporte, y se refleja en la salud”, aseguó.

Alto rendimiento y dopaje

Un tercer rasgo destacado por Cristina Rodríguez se relaciona con el deporte de alto rendimiento y las incitaciones a las que se ven sometidos los atletas con tal de alcanzar el triunfo. Éste es el caso tristemente célebre del dopaje. La es-



Biomecánica deportiva

Patricia de la Peña Sobarzo



“Salto Fosbury”

Ganar una medalla o establecer un récord en cualquier deporte depende generalmente de la adecuada aplicación de una técnica donde la participación conjunta de los grupos musculares del atleta marca la diferencia al momento de obtener un resultado.

En el deporte intervienen factores importantes para determinar la correcta ejecución de un movimiento. Para conocer qué tipo de sustancias se secretan al poner nuestros músculos en movimiento y las cantidades necesarias para lograrlo, así como diversos aspectos del funcionamiento del cuerpo humano y sus reacciones ante los impulsos de la mente, requerimos de una ciencia que nos aporte esta información, que es la biología. “Pero si a los conocimientos biológicos se suman la metodología y los principios de la física, podemos realizar un estudio todavía con más detalle. Además, esta información se vuelve de gran valor y utilidad para diversos campos de investigación”, afirma el doctor en física Enrique Buzo, de la Facultad de Ciencias y especialista en biomecánica.

La biomecánica es una rama de la Física que estudia el aparato locomotor de los organismos biológicos y desarrolla conocimientos para que las personas realicen actividades saludablemente y de una mejor manera. “Su aplicación en el ámbito deportivo, nos permite saber por qué un deportista puede saltar hasta dos metros de altura o

cómo debe ejercer una fuerza para lograr un mejor lanzamiento”.

En un campo gravitacional constante como el de la Tierra, nuestros huesos están adaptados para soportar el peso. De hecho, el cuerpo está sujeto tanto a fuerzas de compresión, flexión y torsión, como al desgaste y la fatiga.

Conocer las propiedades mecánicas de los tejidos y del cuerpo es fundamental para manejarlo mejor. Por ejemplo, explica Buzo, “los huesos son un tejido excelente para resistir

fuerzas de compresión, pero no de tensión. La evolución los fue programando para comportarse de esa manera. Si se estiran, pueden romperse mucho más fácilmente que al tratar de aplastarlos; a eso se debe que los huesos de un deportista no se hagan polvo cuando éste salta desde tres metros de altura y choca contra el suelo”.

De acuerdo con el doctor Buzo, la biomecánica ofrece un abanico de aplicaciones muy amplio. En los niveles molecular y celular, estudia desde la oscilación de los flagelos hasta la movilidad de un microorganismo; en un nivel de mayor complejidad biológica, analiza la biomecánica de los tejidos y órganos hasta llegar al organismo completo. Por estas razones, argumenta, “definir una disciplina que abarque todos estos niveles es difícil”.

Esta disciplina no consiste sólo en aplicar los conceptos de la mecánica a un organismo o a un cuerpo, pero tampoco se limita a determinar los principios mecánicos o físicos que sustentan su movimiento.



Lograr giros y figuras en el patinaje sobre hielo requiere que el deportista mantenga su centro de gravedad sobre un eje vertical el cual se encuentra sobre el pie de apoyo. Si no se logra esto, la patinadora pierde el equilibrio.

El investigador señala que la biomecánica “tiene un enfoque totalmente diferente, pues va más allá de lo que es la simple suma de física y biología. Es decir, no es una interdisciplina en el sentido de la intersección de varias ciencias (mecánica, anatomía, fisiología, ingeniería) sino una transdisciplina en cuanto que es una integración original de éstas en una nueva categoría conceptual y práctica. Es la fusión de los conocimientos lo que permite afrontar mejor los problemas que la orientan y motivan, y que facilita la comunicación entre científicos”.

La biomecánica tiene raíces antiguas. Desde tiempos de Galileo, durante los siglos XVI y XVII, el movimiento de los animales constituyó uno de los principales intereses de la ciencia; incluso se conservan múltiples grabados y relieves en escultura donde se advierte su estudio detallado. Es necesario recordar que varios científicos, como Boyle, Hooke y Euler, entre otros, estudiando aplicaciones a la fisiología humana desarrollaron los principios físicos y mecánicos conocidos hoy en ingeniería.

Pero no fue sino hasta entrado el tercer cuarto del siglo XX cuando realmente la biomecánica obtuvo su reconocimiento como disciplina. En los primeros años de la década de 1980, la Universidad de California anunció por primera vez un curso formal curricular de biomecánica en el campus de Los Ángeles. Durante la formación y el perfeccionamiento de esta disciplina, surgió la necesidad de sistematizar los conocimientos, lo que influyó sobre el desarrollo de la teoría de la biomecánica, no sólo en el deporte, sino también en otras esferas de la actividad humana.

En Rusia, la biomecánica deportiva surgió como consecuencia del desarrollo de la biomecánica de los ejercicios físicos, creada por Lesgaft en la segunda mitad del siglo XIX. Este destacado científico ruso desa-



La fotografía múltiple (estroboscópica) permite visualizar la trayectoria del centro de gravedad (punto amarillo).

rolló el fundamento de la anatomía teórica, y estudió la organización de la educación física en una serie de países con el fin de crear el sistema nacional de educación física.

En 1877 comenzó a impartir la anatomía teórica en los cursos de Educación Física. Sus alumnos continuaron perfeccionando la teoría de los movimientos corporales. En el Instituto de Educación Física “P. F. Lesgaft”, creado después de la Revolución de Octubre, este curso formaba parte de la asignatura de Formación física, pero en 1927 comenzó a impartirse como disciplina autónoma bajo el nombre de Teoría del movimiento. En 1931, se cambió su de-

nomiación por la de Biomecánica de los ejercicios físicos.

La participación de los deportistas soviéticos en los Juegos Olímpicos fue un potente estímulo para el desarrollo de la biomecánica deportiva. Desde 1958, la biomecánica es una asignatura obligatoria en todos los institutos de cultura física.

La preparación de los actuales deportistas de alto rendimiento no se concibe sin un conocimiento profundo del movimiento fundamentado en la biomecánica deportiva. En los últimos decenios se ha incrementado considerablemente su enseñanza. En un amplio frente se llevan a cabo investigaciones sobre las técnicas al

nivel más alto de la calificación deportiva y de la construcción de equipos especiales de entrenamiento.

Centro de gravedad

El doctor Buzo explica que para describir un movimiento como saltar, correr, lanzar, se requiere determinar la fuerza neta, y sus componentes necesarias, las cuales se dividen en externa (la gravedad) e interna (fuerza muscular del ser humano).

El especialista en biomecánica explica que la posición del centro de gravedad afecta al movimiento, y es por ello que los entrenadores deportivos deben saber cómo encontrarlo, cómo manejarlo. El centro de gravedad es un punto dentro o fuera del cuerpo donde podemos decir que se aplica la fuerza de gravedad.

Por ejemplo, un clavadista al brincar mueve sus brazos para desplazar su centro de gravedad, lo cual permitirá que ejecute un mayor número de giros o movimientos antes de llegar al agua. En el caso del Salto Fosbury, que consiste en correr hacia la barra y sobrepasarla lanzándose de espalda, el centro de gravedad pasa por debajo de la barra del obstáculo,

lo que hace que la energía total sea menor a la empleada con el salto de frente.

En el deporte, la biomecánica ha sido de gran utilidad, ya que no sólo ha dado a conocer las condiciones físicas para que el cuerpo realice mejor algunos movimientos, sino también para crear aditamentos que los faciliten o protejan las partes del cuerpo más expuestas; por ejemplo, los diferentes tipos de calzado que hacen más fáciles o seguras las prácticas deportivas.

El campo de aplicación de la biomecánica se amplía a la tecnología e incide en terrenos tan dispares como la medicina, el diseño industrial, la fabricación de muebles y la elaboración de ropa y calzado, entre otros. Su estudio permite no solamente que los atletas mejoren el rendimiento, sino que incide en forma directa en nuestra vida cotidiana: desde cómo elegir una postura correcta al sentarse, hasta la rehabilitación de personas con problemas en el desplazamiento. 



La fuerza de gravedad es la fuerza principal que actúa sobre un cuerpo en caída libre; la clavadista logra realizar varios giros durante su caída al colocar brazos y tronco en posiciones determinadas por el tipo de giro que quiere lograr.



Posición del centro de gravedad (CG) del atleta cuando pasa sobre la varilla en el salto con garrocha. Aquí el ímpetu se convierte en energía potencial del CG para lograr así librar la altura que tiene al frente. En el punto más alto, la velocidad es cero al alcanzarse la altura máxima, consecuentemente sigue la caída libre del atleta.

Desplazamiento de carga pesada Situación de embarazo Llevar tacones demasiado altos



Ajustes posturales producidos por sobrecargas, embarazo y tacones demasiado altos. Para mantener el equilibrio, el centro de gravedad debe encontrarse sobre la vertical y dentro del área de apoyo. El triángulo amarillo indica el centro de gravedad.



Biomecánica computacional: su campo involucra el desarrollo y uso de herramientas en mecánica computacional para su aplicación en biología y medicina. Su investigación se enfoca en el desarrollo de métodos para el examen de la mecánica de los tejidos duros y blandos del cuerpo humano.



Proceso de captación del movimiento deportivo mediante la utilización de técnicas fotogramétricas en dos y tres dimensiones.

Calidad del aire en Beijing

Yassir Zárate Méndez



Cuando en julio de 2001 se anunció que Beijing albergaría los Juegos Olímpicos de 2008, se daba pie a un compromiso asumido por el gobierno chino: organizar una olimpiada verde. El reto sería mayúsculo, debido a que la ciudad es una de las más contaminadas del mundo.

Para celebrar los Juegos Olímpicos, China se comprometió a supervisar y controlar diariamente la proporción de bióxido de azufre, monóxido de carbono, bióxido de nitrógeno y partículas en el aire; mejorar la calidad del medio ambiente local; y garantizar los índices de los cuatro contaminantes mencionados.

Así, en la zona urbana de Beijing se ubican 27 estaciones para supervisar y controlar a tiempo completo la proporción de los contaminantes; con esos datos las autoridades calculan el Índice de Contaminación Atmosférica, que oscila de 1 a 500 puntos, similar al Índice Metropolitano de Calidad del Aire (Imeca) empleado en el Valle de México. El número más alto significa la presencia de la contaminación más grave y peligrosa para la salud. Por debajo de 100 equivale a cielo azul.

En cuanto a este punto, el investigador del Centro de Ciencias de la Atmósfera, Armando Báez Pedrajo, sostuvo que la contaminación de la capital china es más grave que la del Valle de México. El especialista, quien asistió a Beijing en noviembre del año pasado para participar en el Simposio Internacional de Ciencia y Tecnología Ambientales 2007, apuntó que pese a todos los esfuerzos gubernamentales, sigue siendo pobre la calidad del aire en la sede olímpica. Incluso, afirmó que si los Juegos se realizaran ahora en nuestro país, habría mejores condiciones.

Destacó que si bien aplicaron varias disposiciones para enfrentar el grave problema de la contaminación, aún no es satisfactoria la situación.

Las medidas adoptadas en México han rendido frutos, mientras que los habitantes de Beijing aún no desarrollan una conciencia ambiental.

Las medidas

Uno de los principales factores que inciden en el incremento de la contaminación en Beijing es el empleo del carbón como combustible industrial. Ante esto, el gobierno inició el examen y control de más de 100 empresas, cuyo consumo global de carbón anual sobrepasaba las 20 000 toneladas, para que ahorrasen energía y cumplieren las disposiciones legales.

Además, desde 2005, el Grupo Siderúrgico de la Capital, uno de los más contaminantes, fue trasladado a un lugar más retirado, mientras que la Fábrica de acero de Beijing dejó de funcionar. Hoy han desaparecido de Beijing las pequeñas fábricas de cemento, vidrios, papeles y siderúrgicas.


Además, el gobierno ha construido tres plantas eléctricas para la correcta incineración de la basura, seis fábricas para el procesamiento de los residuos y seis campos destinados al enterramiento de éstos, que son fermentados con bacterias anaeróbicas. Igualmente, han avanzado los proyectos de tratamiento de neumáticos y plásticos desechables, y promueve el uso de las energías limpias, como la solar y el gas de los pantanos, entre otras.

También se ha aplicado un programa de circulación vehicular parecido al del Distrito Federal; la mitad de los 3.3 millones de vehículos

de Beijing no podrán usarse en días alternos, dependiendo de si su licencia termina en número par o non. Del mismo modo, se construyeron dos líneas más del metro, además de un nuevo ramal del ferrocarril.

Evaluación médica

Ante este panorama, la comisión médica del Comité Olímpico Internacional (COI) publicó en marzo sus análisis y resultados de evaluación sobre el aire de Beijing, considerando que la calidad no afectará la salud de los deportistas. El organismo señaló que tras estudiar la calidad del aire de la sede olímpica, midiendo la concentración de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono y partículas suspendidas, se consideró "satisfecho" con el resultado.

El COI no descartó la reprogramación de algunos de los deportes como el ciclismo en carretera, de montaña, maratón, triatlón y marcha, en función de las condiciones de contaminación, calor, humedad y viento. Algunos atletas han cancelado su participación o han expresado sus dudas sobre las condiciones atmosféricas. Los deportistas con problemas de asma podrían ser los más afectados, a pesar de todas las medidas adoptadas por las autoridades chinas. Aunque Báez Pedrajo descartó que en general los atletas que entren en competencia, vayan a enfrentar serios problemas por la polución. 



Alimentación y gasto energético

Yassir Zárate Méndez

En sus *Cartas de relación*, Hernán Cortés dio cuenta de la intensa actividad registrada en el tianguis de Tlatelolco, el más importante de la capital mexicana, donde, de acuerdo con las estimaciones del jefe conquistador, “hay cotidianamente arriba de sesenta mil ánimas comprando y vendiendo (...) todos los géneros de mercaderías que en todas las tierras se hallan (...)”. Entre dichos “géneros de mercaderías” destacaban los productos de la agricultura, como maíz, frijol, jitomates, quintoniles, chayotes, verdolagas y calabazas, que desde entonces han constituido la base de la alimentación de los mexicanos.

Y es que los alimentos que componen la dieta tradicional mexicana contribuyen con nutrimentos como hidratos de carbono, minerales, fibra, aminoácidos y vitaminas. Al componerse de alimentos como tortilla, verduras y frijoles, constituye una buena base nutricional, además de ser fuente de energía. Sin embargo, se ha complementado con elementos propios de la alimentación europea introducida desde el período colonial, particularmente productos lácteos y cárnicos, provenientes del ganado vacuno y porcino, que incluyen proteínas de origen animal; estos elementos podrían facilitar la práctica de algún deporte, particularmente de los de alto rendimiento.

Para la directora del Programa Universitario de Alimentos (PUAL), Amanda Gálvez Mariscal, algunos de los platillos tradicionales mexicanos son nutritivos y con un buen aporte energético, sin embargo, deben formar parte de una dieta bien calculada para los requerimientos del deporte de alto nivel. “Si a nuestra dieta tradicional se agrega leche y carne, se vuelve más adecuada para deportistas”, asevera Gálvez Mariscal. De ahí la necesidad de combinar los dos tipos de alimentación (mexicana y europea).

Por otro lado, lamentó que paulatinamente se vayan dejando de lado los alimentos nacionales, para dar paso a los basados en harinas y almidón, como ocurre en la actualidad, lo que está incidiendo en el incremento de los índices de sobrepeso y obesidad, situación que ya padece el 70% de los habitantes del país; de hecho, uno de cada cuatro niños es obeso. Simplificando esta situación, la directora del PUAL destaca que “hemos pasado de la desnutrición a la mala nutrición sin ponernos a pensar en nuestra salud”.

Por su parte, la investigadora del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, María Teresa Espinosa Zepeña, considera que una de las tantas adversidades que enfrentan los deportistas mexicanos viene desde la etapa de gestación.

La especialista destaca que debe haber un equilibrio en la alimentación de los deportistas, particularmente los de élite, es decir, aquellos que participan en competiciones internacionales o Juegos Olímpicos, para mejorar su rendimiento. Para ello, consideró indispensable que tomen en cuenta las necesidades energéticas que demanda su organismo, el cual se encuentra sometido a un proceso de entrenamiento para justas de alto nivel.

Cabe destacar que los deportistas que participan en certámenes como los Juegos Olímpicos, se ven sometidos a dietas y regímenes alimenticios particulares, atendiendo a la etapa de preparación en que se encuentren; un deportista necesita una alimentación durante la fase de entrena-





Así, sugiere el consumo de muchas verduras y frutas como pepino, lechuga, espinaca, calabaza, jitomate, papaya, naranja, plátano, uva, sandía, fresa, guayaba y mango; igualmente se recomienda comer suficientes cereales, que incluyen productos elaborados con harina de trigo (pan, pastas, galletas) o derivados del maíz (tortillas, tamales), este grupo se recomienda combinarlo con leguminosas (habas, garbanzos, frijoles) y productos de origen animal (éstos últimos deben ser consumidos en bajas cantidades, e incluye a los productos lácteos,

Amanda Gálvez y María Teresa Espinosa consideran al ejercicio físico y el deporte como instrumentos convenientes para tener una buena salud. Más aún, los beneficios psicosociales que ofrece el ejercicio físico no podrían ser mejores: el bienestar emocional que conlleva, la satisfacción de realizarlo en entornos agradables y la oportunidad de interactuar socialmente son indiscutibles.

Una opción para mejorar la salud pública podría ser la implementación de campañas intensivas para informar a la población sobre los beneficios que acarrea una alimentación sana; in-

miento, y una distinta el día de la competencia. Una gimnasta necesita una alimentación que le aporte energía distinta a la de un boxeador, un levantador de pesas, un clavador, un corredor de 100 metros planos o un futbolista, aunque también es cierto que en todos los casos requieren de alimentos que les proporcionen la energía suficiente, pero que contengan los nutrimentos indispensables que les demanda su organismo.

Tradicionalmente se ha utilizado un esquema gráfico en forma de pirámide que recomienda la ingesta balanceada de los diferentes tipos de alimentos: verduras, frutas, cereales, lácteos y carnes; algunas de las más recientes incorporan al ejercicio físico como un aspecto que contribuye a tener una buena salud. En el caso de México, el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán propone el plato del bien comer, que de alguna forma conserva la estructura piramidal al dividirse en tres grandes secciones de alimentos.

Tabla
Clasificación del esfuerzo físico

Clasificación	Tasa metabólica Gasto calórico (kcal/min)	Consumo de oxígeno (l/min)	Volumen de ventilación (l/min)	Frecuencia cardíaca (latidos/min)
Muy ligera	2.5	0.5	10	80
Ligera	2.5 - 5.0	0.5 - 1.0	10 - 20	80 - 100
Moderada	2.5 - 5.0	1.0 - 1.5	20 - 35	100 - 120
Pesada	5.0 - 7.5	1.5 - 2.0	35 - 50	120 - 140
Muy pesada	7.5 - 10.0	2.0 - 2.5	50 - 65	140 - 160
Excesivamente pesada	12.5 - 15.0	2.5 - 3.0	65 - 85	160 - 180
Exhaustiva	15.0	3.0	85	180

además de carnes rojas y blancas). En cuanto a los azúcares (dulces, pasteles, refrescos) se recomienda reducirlos al mínimo; sin embargo, a últimas fechas se ha disparado su consumo, lo que ha incidido en los altos índices de obesidad y sobrepeso en nuestro país.

cluso debería pensarse en la posibilidad de incluir materias en el currículo escolar que abunden sobre nutrición y práctica del deporte.

Tabla: Buskirk, E. R. National Academy of Science, Washington, D.C.



Física y movimiento

La física ha transformado nuestra manera de vivir, incluyendo a los deportes, que desde la Antigüedad han constituido una parte importante de la actividad humana.

Dr. Héctor Riveros Rotgé*

Se puede decir que esta ciencia ha modificado tres aspectos fundamentales de las actividades deportivas: los instrumentos de medición, el diseño y fabricación de los equipos y el uso de las leyes de la física en el análisis deportivo.

Los instrumentos de medición

En cuanto a éstos podemos mencionar la medición de la longitud y del tiempo, cuya precisión ha mejorado notablemente en los últimos años. Cronómetros con resolución de 0.01 segundos son normales en los relojes de pulso. Dado que el dedo humano reacciona en una décima de segundo no se requiere más precisión. Ligados a sensores de posición, los cronómetros miden fácilmente millonésimas de segundo. Calcular la distancia mediante las longitudes de onda de la luz de un láser, también es parte de los logros de la física en los equipos de medición. Con cámaras fotográficas y luz estroboscópica, o simplemente cámaras digitales de video, se logran imágenes impresionantes de carreras o saltos, lo que permite cuantificar velocidades y aceleraciones, relacionadas con las fuerzas que se pueden ejercer.

La medición directa de las fuerzas se puede realizar a través de cristales piezoeléctricos¹, que transforman las fuerzas en voltajes, que a su vez permiten medir los cambios rápidos en la magnitud de las fuerzas asociadas a los movimientos; al colocar tres cristales piezoeléctricos en una plataforma, se consigue cuantificar la componente vertical, así como dos componentes horizontales.

Al pisar una plataforma se ejercen fuerzas de acción y reacción que permiten calcular, mediante las leyes de Newton, las aceleraciones asociadas a los movimientos de los atletas.



Equipo de alta tecnología

En cuanto a la función que desempeña la física en el diseño y fabricación de los equipos podemos mencionar las bicicletas de fibra de carbono y las ruedas sin rayos para reducir la fricción

del aire; las canoas y remos para competir en canotaje; los trajes de baño elaborados con materiales que disminuyen la fricción con el agua; las pelotas de golf, con pequeñas cavidades en su superficie para reducir la fricción con el aire, lo que incrementa la distancia recorrida durante el vuelo; los bates de béisbol, las raquetas de tenis y los palos de golf también han sido modificados por la física.



Leyes de la física aplicadas al deporte

Se han investigado temas tan diversos como la velocidad adquirida por un esquiador al bajar una pendiente, la fricción sobre una pelota de fútbol americano desplazándose con o sin giro sobre su eje principal, y los golpes sobre las bolas de billar que permiten a los maestros de este deporte producir los efectos casi mágicos que logran, dependiendo de si golpean arriba o abajo del centro de masa, o hacia uno u otro lado.

Existen estudios sobre los parámetros asociados al bateo de una pelota para lograr su máximo alcance, así como sobre los efectos de

lanzarla girando, lo que genera ciertas fuerzas que la desvían de su trayectoria.

Por otra parte, para el análisis cuantitativo de los movimientos humanos se requiere el conocimiento de sus

propiedades inerciales, es decir, su masa, centro de gravedad, momento de inercia y radio de giro. Los resultados de estos conocimientos se aplican en gimnasia, patinaje en hielo, clavados, salto de altura. Nuevas técnicas



El cuarzo es un cristal piezoeléctrico.

en el salto de altura de espaldas permitieron mejorar la altura de la barra. La patinadora en hielo que gira con los brazos abiertos, al cerrarlos, reduce su momento de inercia, lo que aumenta considerablemente su velocidad de giro.

La física del fútbol


Dado que el fútbol es un deporte muy popular, podemos preguntarnos, ¿cuál es el mejor ángulo para lanzar la pelota en saque de banda? Generalmente, los jugadores cercanos están rodeados por los contrarios, por lo que conviene mandar lejos la pelota, a los pies del compañero elegido. En las clases de física, en el estudio del tiro parabólico, se dice que al lanzar un objeto a 45° se obtiene el máximo alcance.

El ángulo de máximo alcance es 45° cuando la velocidad inicial es independiente del ángulo de lanzamiento y puede despreciarse la fricción con el aire. Observando un partido de fútbol se nota que los jugadores suelen hacer el lanzamiento colocando el balón atrás de la cabeza e



impulsándolo con ambos brazos. El ángulo de lanzamiento es cercano a 30° , resultado obtenido empíricamente por los futbolistas.

Linthorne² estudió la física del problema y descubrió que la velocidad del lanzamiento depende del ángulo, siendo máxima para un lanzamiento horizontal y mínima para el vertical. Esto hace que la mayoría de los jugadores obtengan el máximo alcance del lanzamiento entre 25° y 35° . El efecto de la fricción con el aire es pequeño comparado con la variación angular.

Podemos decir que los deportistas, por prueba y error, descubren las condiciones más adecuadas para su máximo rendimiento. Pero el análisis científico de las fuerzas y masas involucradas permite entender mejor los deportes y mejorar los rendimientos de los atletas. Esto es útil a los deportistas, a sus entrenadores y al público en general, que gusta de disfrutar un sano esparcimiento. 



Para saber más sobre leyes de la física aplicadas al deporte:
www.exploratorium.edu/sports/index.html

¹ Los materiales piezoeléctricos son cristales naturales o sintéticos que no poseen centro de simetría.

² Linthorne, *Physics World*, junio de 2006, pág. 29-30.

* Instituto de Física.

Patricia de la Peña Sobarzo

Retratando el tiempo

La belleza de las imágenes capturadas por el científico Etienne-Jules Marey es extraordinaria; algunas de ellas parecen incluso estar envueltas en un halo de misterio.

Simon Bouisset¹



Gracias a la agudeza de las observaciones del médico francés Etienne-Jules Marey, la cinética del paso de carrera es bien conocida desde el siglo XIX.

Aunque bellas, las imágenes de Marey falsean su significado si se observan únicamente desde el punto de vista estético ignorando la razón por la cual fueron hechas. En realidad, resultan incomprensibles si no se toman en cuenta tanto los objetivos científicos que el autor tuvo para hacerlas, como sus logros alcanzados en el estudio de la fisiología.

Fue una pregunta específica la que condujo a Marey a convertirse en fotógrafo. No obstante, sus cámaras fueron tan sólo una herramienta más de entre la gran variedad de instrumentos científicos que creó y perfeccionó a fin de estudiar el movimiento a lo largo de su vida, dedicada a la ciencia. Para entender ambos procesos, cómo llegó a realizar fotografías y el género de imágenes que hizo, es esencial explicar qué clase de científico era y cómo llegó a serlo.

Etienne-Jules Marey nació el 5 de marzo de 1830 en Beaune, el pueblo productor del gran vino de Borgoña. Fue el único hijo de Marie-Joséphine Bernard y de Claude Marey. Su madre quería que fuera sacerdote y su padre deseaba

que fuera doctor. Sin embargo, el joven Etienne-Jules no mostraba fervor por la vida religiosa o interés alguno por la medicina. Él era un genio de la mecánica, uno de esos hojalateros naturales con la "inteligencia en la yema de sus dedos". Incluso como niño era capaz de elaborar aparatos, rompecabezas complicados, animales mecánicos en miniatura y otros juguetes de esta naturaleza a partir de cachivaches de la casa, o bien encontrados en sus caminatas a la aventura por los montes de Borgoña.

Comenzó su educación formal en 1838 en el Collège Monge, donde empleaba sus talentos mecánicos para hacer juguetes a partir de la nada para sus amigos, quienes lo buscaban mucho después de las clases. Sus maestros lo consideraban un soñador ausente en las clases; sin embargo, aunque desafiaba la autoridad, era un excelente estudiante en todo, menos en matemáticas.

Año tras año ganó muchos pre-

mios en la escuela, incluso uno de latín. En 1848 ingresó al Liceo de Dijon, donde se recibió de bachillerato con los más altos honores.

Cuando llegó la hora de decidirse por una carrera, tenía tan sólo un deseo: prepararse para los exámenes que le permitirían la entrada a la Escuela Politécnica de París. Sin embargo, los deseos de su padre prevalecieron y en 1849 entró a la Facultad de Medicina en París.

Marey fue un estudiante brillante con una mente muy hábil y gran destreza manual que deleitaba a los maestros

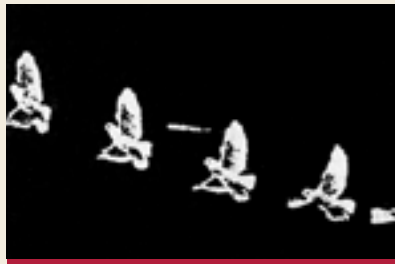
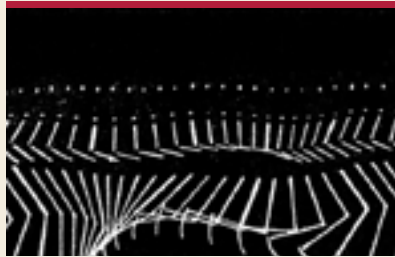


El esfigmógrafo fue el primer aparato que Marey construyó para medir el pulso.

y asombraba a los compañeros por su originalidad y enfoque hacia la investigación clínica. En 1850 la medicina ofrecía una gran oportunidad al talento natural de Marey para la mecánica y la ingeniería.

Sus inclinaciones giraban hacia las áreas de cardiología y la circulación sanguínea, donde solamente su dominio de los principios mecánicos como la hidráulica y la hidrodinámica podrían de inmediato ser puestos en práctica y demostrados ampliamente.

En 1857, todavía siendo un interno, Marey comenzó a publicar un artículo sobre la circulación de la sangre y sobre la contracción vascular, lo que le dio a la ciencia la primera evidencia sobre la influencia de la elasticidad vascular en la circulación sanguínea. Su tema de tesis presentado y defendido en 1859 fue *La circulación sanguínea en su estado fisiológico normal y patológico*. Posteriormente pasó el examen que le permitiría la práctica médica y en 1861 puso un modesto consultorio clínico en París que al año fracasó. Habiendo hecho lo mejor para cumplir las expectativas de su padre, se propuso resueltamente convertirse



La invención de la cronofotografía le permitió a Marey medir la ejecución de la trayectoria de la punta de una espada, la altura de un brinco, el camino trazado al caminar y muchas otras acciones.



movimiento y creó un nuevo y poderoso lenguaje del tiempo y del desplazamiento, sino que fundó un método gráfico que dio origen a un sinnúmero de aparatos de registro como el cardiógrafo, el encefalógrafo y el osciloscopio, entre otros, de los que la medicina y la fisiología dependen por completo.

lucrado en el andar, Marey necesitaba una imagen del movimiento del pie mientras uno se levanta y el otro descende, y las oscilaciones de la parte baja de la pierna conforme se mueve en dirección opuesta a la que está arriba, así como los desplazamientos ocurridos en el centro de gravedad del cuerpo, además de la conexión de estos movimientos con los de los brazos y de la cabeza. Finalmente, quería conocer la cantidad de fuerza muscular requerida para mover el cuerpo a través del espacio.

Quería retratar todos estos factores simultáneamente, en una sola representación legible. Plasmar en una sola imagen todas las relacio-



en un fisiólogo experimental al dar clases privadas a estudiantes de medicina y dedicarse completamente a la investigación y a la profesión que finalmente lo conduciría a la fotografía, a la cinematografía y a los más altos honores oficiales.

El área que Marey había escogido dentro de la investigación fisiológica era el movimiento, al que definió como la característica más importante de la vida. Su contribución a este estudio y al de la fisiología en general residió en la invención y desarrollo de instrumentos para hacer representaciones gráficas permanentes del movimiento interior y exterior del cuerpo humano. Y con los instrumentos que inventó no sólo desintegro en partes el



Fundamentalmente, Marey quería llegar a hacer una descripción visual de los tipos más comunes del movimiento humano, tales como: caminar, correr, saltar y las fuerzas implicadas en su ejecución a fin de representar las relaciones de tiempo-espacio de las diferentes partes del cuerpo. Pero todo esto requería de una representación visual menos abstracta que la que su método gráfico le podía proporcionar.

Para conocer lo que está invo-

nes ocurridas entre una parte del cuerpo y las otras, así como la de una sola parte del cuerpo y su relación con éste como un todo en cada uno de los instantes de un movimiento específico ejecutado durante un determinado tiempo y un espacio definido y constante. En 1870 aún no existía el aparato que pudiera hacer esto.

La cámara podía mostrar el cuerpo y todas sus partes a la vez, pero ninguna proporcionaba una descrip-

ción a lo largo de un periodo de tiempo. La imagen del cuerpo en movimiento salía borrada, pues la óptica y la química fotográficas impedían el registro del movimiento constante, al menos hasta 1878. En aquel año el fotógrafo anglo-americano Eadweard Muybridge publicó una serie de fotografías de caballos en movimiento. Muybridge había utilizado varias cámaras para captar la forma del cuerpo del caballo y aislado las fases del movimiento, pero Marey quería expresar la continuidad del movimiento sobre intervalos equidistantes conocidos, tal como sus instrumentos de registros gráficos lo habían hecho, pero en una sola imagen. Tan sólo esto, pensaba, le daría resultados cuantificables, es decir, fotografías a partir de las cuales pudieran tomarse medidas. Pero aunque una gráfica proporciona una expresión visual en cuanto a la relación de las entidades que se grafican, no proporciona una imagen de su objeto, como sí lo hace una fotografía. Y Marey quería ambas cosas. Anhelaba combinar el poder de la fotografía para producir una expresión visual del paso del tiempo.

Con una sola cámara que diseñó y construyó para tomar múltiples imágenes en una sola placa y desde un solo punto de vista, fotografió el movimiento en una forma que hizo más que tan sólo detener el tiempo: captó fases subsecuentes del movimiento y las extendió sobre la placa fotográfica en un patrón ondulado de segmentos superpuestos. Prácticamente sin precedentes en la historia de la representación, sus fotografías dieron una extensión visible al presente, representando virtualmente el paso del tiempo.

Una vez que refinó su método fotográfico, ofreció las primeras descripciones incontrovertibles de cómo nos movemos y, similarmente, de cómo los animales se impulsan sobre la tierra, el agua y el aire. Sus últimas investigaciones sobre el movimiento las hizo con la cámara cinematográfica, un instrumento inventado por él (siete años antes del advenimiento del cine comercial) para superar las limitaciones de su método fotográfico. Hacia el final de su vida, su estudio del movimiento lo había conducido a hacer visibles los movimientos más efímeros de todos, los del agua y del aire, hasta el del humo de un cigarro.

Los datos obtenidos por Marey los adoptaron pioneros en muchos campos. Sus estudios sobre el vuelo de las aves fueron importantes para las bases del vuelo en Europa y en Estados Unidos, especialmente para los hermanos Wright. Sus técnicas, gráficas, cronofotográficas y cinematográficas las adoptaron y desarrollaron fisiólogos europeos y psicólo-

gos para crear la ciencia ocupacional, la cual revolucionó el concepto y la manera de ejecutar el trabajo. Finalmente, la cámara de cine que inventó fue el elemento clave en la fundación de la industria cinematográfica.

La influencia de Marey también se dejó sentir en el arte. A menos de diez años de su muerte, sus imágenes fueron reproducidas o imitadas en obras de muchos pintores de vanguardia en las que varios artistas intentaron ilustrar la interacción del tiempo y el espacio en su lienzo.

Marey fue ante todo un científico investigador, comprometido con la investigación científica más pura sobre la naturaleza en movimiento. En los diversos campos donde incursionó, siempre inspiró respeto: en la fisiología, la medicina, fotografía, cinematografía, aviación y en la educación física. Marey ha sido comparado con Leonardo da Vinci por su inventiva, su carácter visionario en cuanto a su aproximación a la ciencia y por sus capacidades técnicas y artísticas al desarrollar al más alto nivel la capacidad de análisis visual y espacio-temporal del hombre. Sus trabajos, ampliamente difundidos por la prensa internacional, fueron fuente de inspiración para Thomas Edison y Louis Lumière. ☉



Su invento, llamado "escopeta fotográfica", fue inspirado en el "revólver fotográfico", inventado en 1874 por el astrónomo Jules Janssen, capaz de tomar doce exposiciones en un segundo.



La influencia de Marey también se dejó sentir en el arte. *The Cyclist*, 1913. Pintura al óleo de Natalia Goncharova. Museo del Estado Ruso, San Petersburgo.

¹ Simone Buisset, profesor emérito del Laboratorio de Fisiología del Movimiento de la Universidad de París, *Etienne-Jules Marey: quand l'étude du mouvement devient une science expérimentale*, junio de 2005, en <http://www.bium.univ-paris5.fr/histmed/medica>

² Marta Braun, autora de la obra más completa sobre Etienne-Jules Marey. Marta Braun, *Picturing Time*, The University of Chicago Press, Chicago, 1992, pp. xvi.

El faro agradece el valioso apoyo brindado por la Maestra Carmen Block, Coordinadora de la Biblioteca del Instituto de Investigaciones Estéticas al proporcionarnos el libro *Picturing Time* de Marta Braun.

Músculos en acción

Acciones tan cotidianas como caminar, saltar, reír, parpadear, escribir, sentarse, realizar el más mínimo gesto o movimientos sofisticados como dar piruetas, correr velozmente, lanzar objetos, no podrían existir sin nuestros músculos.

Sandra Vázquez Quiroz

Los seres vivos realizamos dos funciones vitales básicas: secreción y contracción. La contracción muscular hace posible el movimiento gracias a 250 millones de fibras que generan una sumatoria de fuerzas para producir trabajo o un aumento en la tensión.

De los tres tipos de músculo (liso, cardíaco y esquelético) que posee el ser humano, el esquelético es el más abundante. Éste cubre alrededor del 70% de nuestro cuerpo, sirve para mantener la postura y es el principal reservorio de proteínas estructurales. El músculo es el conducto a través del cual se expresa el sistema nervioso. Por ejemplo, el acto de doblar el brazo se debe a un impulso enviado por el sistema nervioso transmitido por las fibras nerviosas motoras al tejido muscular, que ocasionan que el bíceps se active de manera consciente.

El tejido muscular esquelético se considera como uno de los más sofisticados, pues la proporción de las dos categorías de músculo, lento y rápido, marcan la diferencia entre los movimientos de la vida cotidiana y los requeridos para una competencia. El músculo lento o postural tiene un gran número de mitocondrias debido a que su demanda de energía es muy alta y lo utilizamos desde que nos levantamos, pues hace que mantengamos una posición erguida.

A diferencia del músculo lento, el rápido o del movimiento no puede trabajar durante las 24 horas, debido a que su metabolismo anaeróbico lo hace producir metabolitos que en altas concentraciones lo lesionan, como el ácido láctico. La razón de esto es su baja cantidad de mitocondrias. Estos organelos celulares son los que producen energía utilizable por la fibra muscular para llevar a cabo la contracción de las miofibrillas, lo que hace que el músculo funcione como una fábrica metabólica que consume energía química y la convierte en energía mecánica.

Músculo “fatigado”

La doctora Alicia Ortega Aguilar, del Departamento de Bioquímica de la Facultad de Medicina, forma parte de uno de los cinco grupos en México que estudia la bioquímica y fisiología del músculo, y explica que en el músculo rápido se produce un fenómeno de resistencia a la activi-



*El jugador de ajedrez. Porción superior del cuerpo humano, con disección del sistema nervioso central y periférico. Técnica: plastinado. Tomado del catálogo de la exhibición *Body Worlds, the anatomical exhibition of real human bodies*, prof. Gunther von Hagens.*

dad prolongada, que en fisiología se conoce como "fatiga".

"En este fenómeno no interviene el sistema nervioso voluntario, sino que es un proceso intrínseco del músculo. Se sabe que en presencia de un estímulo constante, el músculo se contrae y relaja y llega a una etapa en la que ya no responde; y no vuelve a funcionar hasta que hay una recuperación total. Este periodo de latencia donde pierde tensión y se hace refractario a un nuevo estímulo se conoce como fatiga".

A nivel molecular, todavía no se conocen con precisión los factores que

lo llevan a la fatiga. No se descartan eventos metabólicos, como la producción del ácido láctico, que está asociada a la actividad prolongada del músculo esquelético rápido. La fatiga como evento fisiológico se presenta en músculos que no realizan trabajo de manera cotidiana, lo que lleva a una disminución de la masa muscular y de sus funciones, como sucede durante la vejez.

El músculo termina su diferenciación con el nacimiento, con todo su potencial genético para sintetizar las proteínas estructurales que son la base de su fuerza. Ante esto, la hipotrofia muscular puede tener su origen al nacer, por desnutrición

durante la gestación, prematuridad con muy bajo peso o defectos genéticos que se manifiestan en el desarrollo muscular. Como la contracción y relajación dependen de un equilibrio fino en las concentraciones de calcio dentro de la célula, se investiga si los mecanismos de transporte del calcio son los responsables de la fatiga.

La hipótesis de la investigadora es que la caracterización de los mecanismos de transporte del calcio a través de los túbulos transversos del músculo esquelético y del retículo sarcoplásmico, un organelo celular con la función de almacenar calcio durante la relajación y expulsarlo durante la contracción, lo mismo en el músculo rápido como en el lento, ofrecerán elementos para estudiar la influencia de estos mecanismos en el proceso de adaptación del músculo al ejercicio y retardar el desarrollo de la fatiga.

En el laboratorio del Departamento de Bioquímica se investiga la etiología de la fatiga a nivel molecular utilizando roedores y conejos que son expuestos a protocolos de ejercicio en una banda sin fin. Comenta la investigadora: "Observamos la adaptación de los músculos rápidos en un periodo de tres meses de entrenamiento, en comparación con su contraparte sedentaria. Los cambios que se observan van desde el peso de la masa muscular hasta la expresión a nivel molecular en la función de las proteínas transportadoras de calcio".

Proteínas defectuosas o ausentes

La contracción muscular conlleva un proceso bioquímico que depende de impulsos nerviosos provenientes del sistema nervioso central. Estos impulsos confieren a

Tanto el humano como el caballo tienen arreglos anatómicos semejantes en cuanto a forma, posición y estructura microscópica de sus órganos y músculos, aunque hay importantes diferencias en sus proporciones.

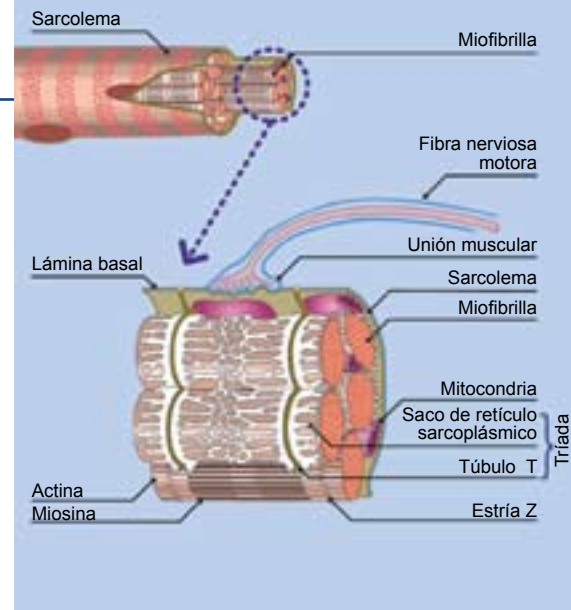
las células la capacidad de acortar una fibra muscular, desarrollando fuerza tanto de forma longitudinal como transversal, lo que involucra la comunicación de proteínas fibrilares en el eje longitudinal como la miosina, la actina y la titina. Esta interacción de proteínas le da al músculo la capacidad de mover articulaciones.

En el eje transversal se encuentran las proteínas costaméricas, como la distrofina, entre otras, que forman parte de un complejo proteínico que comunica de manera lateral a una fibra muscular con otra. Es una maquinaria perfecta para el desarrollo de la fuerza. Sin embargo, cuando lo anterior no se completa y alguna de las proteínas es defectuosa o está ausente, el músculo es flácido y se le dificulta la generación de fuerza.

Entrenamiento y degeneración

La doctora Ortega Aguilar enfatiza que la etapa de gestación para la formación del músculo es muy importante, ya que si durante el embarazo el producto no recibe una nutrición adecuada a través de la madre, aunque se alimente abundantemente después del nacimiento, la masa muscular ya no podrá reponerse.

Curiosamente, dice Ortega Aguilar,



El interior de las fibras musculares está ocupado por numerosas miofibrillas. Los sarcómeros se caracterizan por asociar filamentos proteínicos finos como la actina y gruesos como la miosina.

los mejores maratonistas provienen de países con problemas de desnutrición, debido probablemente a que son capaces, a través del entrenamiento, de desarrollar músculo lento, el cual les ayuda a tolerar la fatiga y mantener un ritmo acelerado y de larga duración. En contraste, los velocistas tienen un predominio de fibras musculares de tipo rápido.

La investigadora explica que cuando el músculo se lesiona, aunque no se afecte al sistema nervioso, no se recupera y la parte lesionada no responderá a los impulsos, ya que una vez que ha sido afectado ya no hay remedio.

Ortega Aguilar considera importante que en México, tanto los médicos clínicos como los de medicina del deporte, deben acercarse al estudio de la fisiología celular del músculo para entender la etiología del daño muscular y dar al aspecto nutricional la importancia fundamental que tiene; ya que si bien los atletas consiguen su plasticidad con entrenamiento, no será posible exigir mayor rendimiento a un tejido magro en proteínas y defectuoso desde el nacimiento.

Músculo viene del latín *musculus*, formado por el vocablo griego *mus* (ratón) y por el latino *culus* (pequeño), hace referencia al pequeño ratón que aparece en el brazo al hacer una flexión. Sus propiedades (contractibilidad, elasticidad y otras) le permiten generar fuerza y movimiento. Imagen del catálogo de la exhibición *Body Worlds, the anatomical exhibition of real human bodies*, prof. Gunther von Hagens.

Antropometría en nuestra vida diaria

Sandra Vázquez Quiroz

A lo largo de la historia ha existido una atracción por entender y conocer las proporciones del cuerpo humano; artistas, teóricos, arquitectos, físicos y diseñadores han demostrado su interés sobre su variabilidad y dimensiones.

La existencia de un hombre o mujer “promedio” es una falacia, afirma el doctor Enrique Buzo, de la Facultad de Ciencias, por lo que el diseño de los espacios que utilizamos cotidianamente debe ser acorde a la gama de medidas del cuerpo humano.

Los expertos en antropometría (ciencia que estudia las medidas del cuerpo) definen los espacios en función a diversos factores como edad, sexo, etnia e incluso, grupo laboral. Esta disciplina no es una moda reciente inventada para unos cuantos, sino que es útil para todas las esferas sociales. Ya desde el siglo I a.C. en Roma, se postuló la idea de la importante relación entre la simetría del cuerpo humano y los objetos.

La antropometría emplea datos estadísticos sobre la distribución de medidas corporales que pueden aplicarse para saber las potenciali-

dades de una persona (peso y dimensiones estructurales del cuerpo), así como para optimizar espacios y productos, como los asientos de la oficina, la escuela, el transporte público, automóviles, restaurantes, mesas de negocios, áreas residenciales, tiendas de autoservicio, hospitales, gimnasios y, en general, gran parte de los lugares que ocupamos todos los días.

Las dimensiones que influyen en el diseño de espacios pueden ser de dos tipos: estructurales y funcionales. Las primeras son las de la cabeza, tronco y extremidades en posiciones estándar, mientras que las segundas incluyen medidas tomadas en posiciones de trabajo o durante el movimiento que se asocia a ciertas actividades, como el deporte.


La antropometría tiene una estrecha relación con la biomecánica, afirma el investigador. Un punto de unión entre estas dos disciplinas es la ergonomía, encargada de estudiar las características, necesidades y capacidades del ser humano, a fin de proporcionar comodidad, productividad y adecuación de un objeto desde la perspectiva de quien lo usa. En el deporte es utilizada para sacar el máximo provecho de la estruc-

tura natural del ser humano, con la finalidad de lograr una mayor altura, velocidad o fuerza posibles. Ello se obtiene no únicamente con el diseño de un calzado, ropa o accesorios como gorras o lentes adecuados, sino a través del entrenamiento del atleta para que adopte la mejor postura en cualquier situación, al sentarse, correr o incluso al dormir.

Los datos antropométricos son insustituibles para fijar las medidas y holgura necesarias. El diseño correcto de objetos tan comunes como una silla, y de muchos otros que utilizamos diariamente, puede hacer la diferencia entre un rendimiento óptimo o deficiente.

El doctor Buzo señala un ejemplo del daño que puede ocurrir por el diseño inadecuado de un pupitre escolar. “Hace algunos años se instalaron pupitres en una escuela primaria de una comunidad rural de Chiapas, cuyo diseño era inadecuado para los alumnos, lo que provocó que se tuvieran que cortar las patas de tales muebles, ya que la altura inadecuada provocaba una postura incorrecta que a largo plazo, podría ocasionar, entre otros problemas, una joroba prematura además de un bajo rendimiento escolar”.

Debido a que el acto de sentarse no es una actividad estática, sino dinámica, en el diseño de una silla los datos antropométricos no son suficientes. Es necesario tomar en cuenta la biomecánica del ser humano en su conjunto, es decir, el estudio de las estructuras de carácter físico, biológico y mecánico, además de la ergonomía.

En el ámbito deportivo, la antropometría desempeña una función fundamental, ya que del buen diseño de las instalaciones e implementos deportivos dependerá muchas veces el ganar o perder una competencia. Por lo que es pertinente que esta disciplina sea tomada en cuenta, tanto para el ámbito deportivo como para cualquier actividad cotidiana. 

A ver si puedes

ACERTIJO

Los chinos decidieron introducir un nuevo deporte olímpico individual, pero no hicieron bien los cálculos y, en vez de dos, les quedaron tres finalistas: Yao, Lin y Quang. Para obtener al ganador enfrentaron a los tres en muchos partidos. Los partidos eran entre dos, no había empates y, después de cada uno, el ganador tenía que enfrentarse al rival que estaba afuera. Se sabe que, en total, Yao ganó 14 partidos y Lin 24. ¿Cuántas veces se enfrentaron estos dos competidores?

Dr. Alejandro Illanes¹



A las primeras cinco personas que nos envíen por correo electrónico a nuestra nueva dirección (boletin@cic-ctic.unam.mx) la respuesta correcta, les obsequiaremos publicaciones científicas.

RESPUESTA AL ANTERIOR

Los dos números que faltan son 1 y 2, y los dos arreglos posibles son los siguientes:

8	10	1	3	2	7	8
8	7	2	3	1	10	8

¹ Instituto de Matemáticas, UNAM.



XXX

Encuentro Nacional sobre la Enseñanza de la Física en el Nivel Medio Superior



Sede:

Centro de Ciencias de Sinaloa
Cullacán, Sinaloa, México

del **22** al **25** de **Septiembre 08**

Temáticas:

- Modelos de enseñanza de la física, experiencias y evaluación de estrategias didácticas para la formación integral del estudiante.
- Nuevas tecnologías para la enseñanza de la física en el bachillerato.

Cuota de inscripción:

- \$600.00 M.N. Por persona. Incluye comidas y memorias

Fecha límite para la recepción de ponencias y archivo electrónico:

2 de septiembre de 2008

Informes y Recepción de trabajos

Sociedad Mexicana de Física, A.C.
Fis. José Ramón Hernández Balanzar
Vocal de Enseñanza
Departamento de Física 2do. Piso
Facultad de Ciencias
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, AP 70-348
Delegación Coyoacán, C.P. 04510 México D.F.
Teléfonos 555 622-4840, 5622-4996
joseramon@correo.unam.mx
smf@hp.fciencias.unam.mx
www.smf.mx

Centro de Ciencias de Sinaloa
Dr. Cástulo Anselmo Alejo Armenta
Comité Organizador Local
Ave. de las Américas #2771 Nte.
Col. Villa Universidad, C.P. 80010
Cullacán, Sinaloa, México.
Teléfonos 667-7599011, 667-7599019
castulo@correo.ccs.net.mx
camina@correo.ccs.net.mx
www.ccs.net.mx

Universidad Nacional Autónoma de México
Coordinación de la Investigación Científica
Centro de Desarrollo Empresarial de la Facultad de Economía
FUMEC: Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia
Instituto de Ciencia y Tecnología del Gobierno del DF

DIPLOMADO

2008



Gestión, Transferencia y Comercialización de Tecnología

Torre de Ingeniería, Septiembre 2008 - Abril 2009

Módulo I. Innovación: Conocimiento y competitividad empresarial.

Módulo II. Propiedad Industrial, Monitoreo e Inteligencia Tecnológica.

Módulo III. Innovación y oportunidades de negocio.

Módulo IV. Planes de negocio tecnológico.

Módulo V. Negociación de Proyectos Tecnológicos.

Duración: 215 horas
43 sesiones.

Viernes de 16 a 21 y
sábados de 9 a 14

COSTO

Diplomado Completo: \$35,000.00

Costo por Módulo: \$7,000.00

INFORMES

Teléfonos: 5622 4175 y 5622 2155.

Correo electrónico: diplomado@cic-ctic.unam.mx

Correo electrónico: cede@economia.unam.mx

www.sugestec.unam.mx

www.cic-ctic.unam.mx/sugestec

