

BREVES CONSIDERACIONES HISTÓRICAS SOBRE LA INSTRUMENTACIÓN MÉDICA

Alvaro Tucci Reali.

Laboratorio de Instrumentación Científicas. Facultad de Medicina. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela

El Principio.

Cuando el hombre enfermaba, los antiguos decían que estaba poseído por espíritus malignos. La idea se reforzaba cuando el individuo decía cosas incoherentes o actuaba como nunca había actuado. Sanaba en el momento que por sí solo o con la ayuda del brujo lograba expulsar los malos espíritus. Esta creencia subsiste hasta nuestros días y podemos observarla en la mayor parte de nuestras civilizaciones.

Para los griegos el dios de la medicina se llamaba Asclepio y sus sacerdotes eran los médicos. El médico de más prestigio hacia el año 400 a.c. era Hipócrates, quien residía en el templo de Cos, una isla en el mar Egeo. Hipócrates tenía una manera de ver las cosas un poco diferente de sus contemporáneos, pues creía que lo que había que hacer era tratar al paciente y no preocuparse por los espíritus que habían dentro de él. Hipócrates fundó una escuela que sobrevivió siglos, en donde los médicos tenían que utilizar el sentido común para tratar al paciente. Carecían de medicinas, instrumental y de las teorías modernas, pero poseían grandes dotes de observación. Se atenían al sentido común para cortar hemorragias, limpiar y tratar heridas, reducir fracturas y sobretodo prescindían de ritos mágicos. Sostenían que cada enfermedad tiene su causa natural y compete al médico descubrirla, y una vez conocida podía hallarse el remedio. Sus discípulos estaban convencidos de la importancia de la higiene del paciente y del propio médico, eran partidarios del aire puro y fresco, entorno agradable y dieta equilibrada a base de alimentos simples. Los escritos de la escuela hipocrática están reunidos, sin distinción de autor, en «Corpus Hippocraticum». El escrito más conocido es el juramento que tenían que prestar los médicos de la escuela para ingresar a la profesión. La medicina tuvo que luchar duramente muchos siglos contra la creencia común del demonio y de los malos espíritus, contra el uso de ritos y conjuros mágicos. Pero afortunadamente las ideas de Hipócrates no cayeron nunca al olvido.

Sus doctrinas le han valido el nombre de «Padre de la medicina».

Instrumentos Médicos.

Durante los dos milenios siguientes los médicos, a fin de obtener la información que le permitiera diagnosticar, utilizaron como instrumentos únicamente sus cinco sentidos.

Gracias al esfuerzo silencioso de muchos miles de científicos que con su perseverancia, ingenio y desprendimiento lograron desarrollar, perfeccionar e introducir en la práctica médica instrumentos cada vez más precisos y seguros para la salud del paciente, se avanzó mucho en medicina

El propósito fundamental del instrumento es aumentar la capacidad del ser humano. Con palanca puede levantar un peso mayor, con la rueda puede moverse más rápido, con el tambor o la radio puede comunicarse a mayores distancias, con el microscopio pueden verse partículas más pequeñas, con el telescopio a distancias mayores. En fin, las herramientas permiten extender el rango de nuestros sentidos y capacidades innatas. A partir del siglo XV se comenzó a desarrollar la tecnología que acrecentó las habilidades humanas.

El Tacto.

La temperatura la trató de medir en 1603, el científico italiano Galileo, cuando demostró que la altura de agua succionada por un tubo al que se le había hecho vacío parcial variaba con la temperatura.

En 1625, el físico eslavo Santorio, aplicó este principio para medir la temperatura del cuerpo humano, pero el problema que se presentaba era que la medida era afectada por la presión atmosférica. Este inconveniente fue resuelto 25 años después por el Gran Duque de Toscana, quien selló el tubo y así eliminó el efecto.

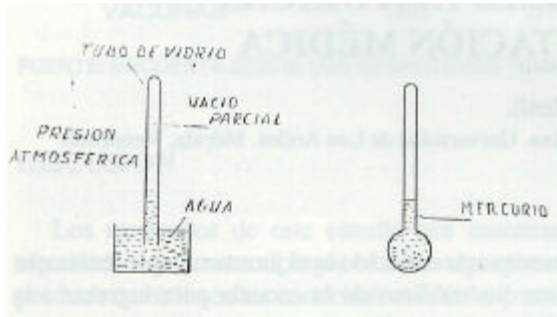


Fig. 1. Instrumentos para medir temperatura y presión.

Los modernos termómetros, todavía en uso, fueron desarrollados por un artesano fabricante de instrumentos, el danés Gabriel D. Fahrenheit, quien en el siglo XVIII reemplazó el agua por mercurio y así aumentó su precisión.

El Oído.

Los antiguos médicos griegos usaron los ruidos percibidos por sus oídos para diagnosticar. Colocaban los oídos en el pecho, espalda o abdomen del paciente, para percibir los sonidos del corazón, las vías respiratorias o ruidos intestinales. Para incrementar el nivel de sonido se empleó el «tubo para oír». El estetoscopio es un refinamiento de este tubo, cuyo desarrollo se debe probablemente al médico francés T. H. Leannec, quien lo usó en 1819, principalmente para evitar contagiarse al colocar su oído en contacto con la piel del paciente y para incrementar su habilidad para oír.

Su instrumento consistía en un tubo hueco de la forma mostrada en la figura 2. A fin de conseguir acoplamiento de impedancia acústica entre el cuerpo del paciente y el «tubo de oír», se le daba la forma indicada, con lo cual se conseguía mayor eficiencia de transmisión.



Fig. 2. Instrumento para oír.

Otras mejoras fueron aportadas muchos años después, en 1851 por el norteamericano George P. Camman y por S. Scott en 1860, quienes concibieron el estetoscopio como es hoy día.

La Vista.

Los lentes fueron usados hace algunos siglos para leer y para magnificar. Se cuenta que, en 1608, el antejo fue inventado por un niño, hijo de un fabricante de lentes ópticos, el holandés Hans Lippershey, mientras jugaba con lentes en el taller de su padre. La noticia del descubrimiento llegó a Italia y Galileo, quien estaba por casualidad en Venecia, oyó rumores del instrumento. Después de varios ensayos en 1609, logró encontrar la misma combinación de lentes, de allí el nombre de «holandés y Galileo» que recibe el antejo. Galileo construyó el primer telescopio y pronto aprendió a construir instrumentos más perfectos y con mayor aumento. Galileo, pionero de la física, es el primero que aplica las leyes que va descubriendo al mundo del hombre y de los animales. Aplica las leyes de la física a la biología, es el principio de la biofísica. La invariabilidad del período del péndulo la aplicó para medir las pulsaciones, el termómetro a la medición de la temperatura corporal, estudió la relación que existe entre el tamaño del cuerpo de un animal y sus huesos, extrayendo acertadas conclusiones acerca de los límites entre el tamaño del animal y la gravedad. Se combinaron varias lentes convexas para formar microscopios potentes, que ayudaron a Hooke, en 1648 a descubrir la existencia de células en los tejidos animales y vegetales. El microscopio surge de la necesidad de investigar de cómo están hechas las cosas, ir hacia lo más pequeño, de intentar penetrar en los secretos de la materia. Las lupas producían aumentos limitados, entonces la idea más simple para poder mejorarlos es utilizar dos lupas, una a continuación de la otra, de manera que la imagen pueda ser ampliada dos veces. Esta idea fue realizada a mediados del siglo XVII y muchos científicos la aplicaron. Uno de ellos, el holandés Anton van Leeuwenhoek escribe en 1683 a un científico inglés: «Por la mañana acostumbro a frotarme los dientes con sal y enjuagarme después la boca con agua. A menudo, después de comer, me limpio los molares con un mondadientes y me los froto energicamente con un trozo de tela...». Leeuwenhoek estaba orgulloso de su dentadura, pero no obstante observaba entre sus dientes una sustancia blanca que se disolvía con agua de lluvia y la que enfocó con su microscopio «Observé entonces con gran

asombro, que en la citada materia existían numerosos animalitos vivos, dotados de movimiento, muy bonitos». Leeuwenhoek acababa de descubrir los microbios y el microscopio es el instrumento único para la observación de tan importantes seres vivos.

En la actualidad existen potentes microscopios que utilizan todos los recursos de la técnica, para conseguir mayores aumentos y mejor nitidez de la imagen. Sin embargo existe un límite infranqueable: el que opone la naturaleza ondulatoria de la luz. En efecto, para observar objetos más pequeños que 800 nm, se encuentra que las distancias que se quieren observar, son del mismo orden de magnitud que la longitud de onda de la luz. El límite es infranqueable a menos que se utilicen longitudes de ondas más pequeñas; el electrón considerado como onda se encuentra en ese caso. Por ello el microscopio electrónico permite alcanzar aumentos muy superiores.

El oftalmoscopio, inventado en el siglo XIX por el científico alemán Hermann Von Helmholtz, es un instrumento que permite ver dentro de ciertas cavidades del cuerpo, como el oído, nariz u ojos, sin ser invasivo. Su esquema básico se muestra a continuación:

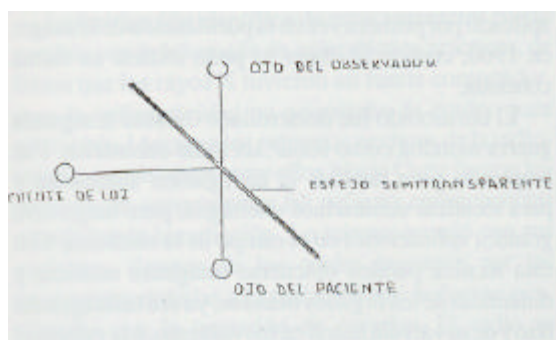


Fig. 3. Esquema del oftalmoscopio

El espejo semitransparente dirige parte de la luz dentro del ojo del paciente. Del ojo del paciente se refleja parte de esa luz, la cual es dirigida hacia el ojo del observador. El observador puede ver entonces el fondo del ojo del paciente. Si se tratara de observar directamente el fondo del ojo del paciente sin el empleo del espejo semitransparente, la cabeza del observador arrojada sombra sobre la córnea del paciente y así no se podría observar la retina.

En 1855 un desarrollo similar, en donde se colocaba un espejo en la parte trasera de la garganta, permitía examinar las cuerdas vocales.

En 1895 se produjo un acontecimiento

importante que permitía multiplicar el sentido de la vista, aconteció cuando el físico alemán Wilhelm Roentgen, quien se encontraba trabajando con el tubo de rayos catódicos, descubrió los rayos X. Este descubrimiento permitió observar el interior del cuerpo sin invadido.

Instrumentos Químicos y los Sentidos

Los sentidos del tacto, el olfato y el gusto son empleados en medicina para diagnosticar los fluidos del cuerpo.

Los médicos medievales notaron que la orina de los diabéticos era dulce. En 1776 Matetew Dobson, un médico inglés, notó que los residuos que dejaba la orina de los diabéticos al evaporarse, olían y sabían a azúcar.

En 1797 el médico inglés John Rollo analizó químicamente los residuos de la orina, entonces se produjo una de las primeras aplicaciones de la química en el campo médico. Es el principio de la bioquímica

El análisis de la sangre fue mejorado en 1877 cuando el médico inglés William Gowers introdujo su hemacitómetro. Consistía en una grilla cuadrada de 0,1 mm, colocada en el fondo cóncavo de un porta muestras. Por medio de su microscopio, el observador podía contar los glóbulos rojos de la sangre.

Para mejorar la precisión del conteo los suecos Blix y Hedin, desarrollaron en 1899 la centrifuga conocida como «hematocrit», que separaba los glóbulos rojos por medio de la fuerza centrífuga

En 1885 el alemán Hugo Von Zeimssen creó el primer laboratorio clínico. A principios del siglo XX el Hospital General de Massachussets estableció el primer laboratorio in situ.

La técnica relacionada con el análisis químico clínico fue perfeccionándose hasta tal punto, que los médicos para diagnosticar, necesitan invariablemente la ayuda de especialistas en laboratorio clínico.

El mayor aporte al desarrollo de la instrumentación médica en el siglo XX la hizo la electrónica. Comenzó en 1903 con la invención del electrocardiograma (ECG) por el danés Willem Einthoven y continuó hasta nuestros días con los equipos más complejos. En el ECG de Einthoven el paciente introducía las dos manos y el pie izquierdo cada uno en un recipiente que contenía agua. Un conductor unía el recipiente de la mano derecha con el recipiente de la mano izquierda. El mismo conductor pasaba entre los polos de un magneto. El cable se movía debido a la corriente del cuerpo

generada entre los dos brazos, por el corazón. El movimiento del cable fue registrado por una luz reflejada por un espejo colocado sobre el cable. Un amplificador ingenioso!

Con el desarrollo de los amplificadores electrónicos, se pudo eliminar el amplificador de movimiento antes nombrado, se mejoraron las características del ECG y en 1940 se incorporó el registro de papel. Otro aporte importante lo hizo M. Crammer en 1906 con la invención del electrodo que medía pH, el cual se podía cuantificar la acidez o alcalinidad de una solución.

En 1924 se desarrolló el electroencefalógrafo (EEG). El alemán Hans Berger usó galvanómetros para medir la corriente proveniente de placas metálicas fijadas en la cabeza del paciente y encontró que eran el resultado de la actividad cerebral.

La transmisión inalámbrica de las señales Morse se generaba cuando se producía un chispa entre dos electrodos. Esto dio origen a la unidad de electrocirugía (ESU), el bisturí eléctrico empleado en los Estados Unidos desde 1928. Con el ESU se demostró que las cirugías podían realizarse con menos pérdidas de sangre, cuando se efectuaban con un electrodo al que se le aplicaba una energía de radiofrecuencia de 500 KHz. Con esta frecuencia y suficiente energía se cauteriza a medida que se corta.

Al principio este electrobisturí no pudo usarse por lo inflamable de la anestesia. A partir de 1950, con el empleo de la anestesia no inflamable, su uso se generalizó.

En 1958 los americanos A. L. Schawlow y C. H. Townes publicaron un estudio teórico en el que demostraban la posibilidad de funcionamiento de lo que llamaron LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Dos años después de ser anunciado teóricamente, T. H. Maiman construía el primer láser. Planchas de acero perforadas, fotografías en tres dimensiones, microsoldaduras, etc., llevan asociado el nombre mágico del láser. La fusión nuclear del hidrógeno es una de las grandes esperanzas para cubrir las necesidades de energía de nuestra civilización, ya que el hidrógeno, combustible para la fusión, es materia prima casi inagotable. El agua contiene dos átomos de hidrógeno en su molécula. Para que el proceso de fusión se desencadene hacen falta temperaturas del orden del millón de grados. Uno de los procesos ensayados para producir temperaturas de este ordenes el empleo de lasers sincronizados y dirigidos hacia un punto donde se

halla el hidrógeno. Si esto trabajara, el láser sería uno de los descubrimientos más importantes de la historia. En el mundo de la medicina, el láser se está empleando principalmente en cirugía, oftalmología y rehabilitación. En el campo de la cirugía se desarrolló el bisturí láser que produce además cauterización y por medio de la fibra óptica es posible trasladar su acción a lugares inaccesibles. En el campo de la oftalmología se emplea para «soldar» la retina desprendida.

Para auxiliar los pacientes con parálisis pulmonar, en 1928 se introdujo el pulmón artificial. El paciente se introducía en la cámara con excepción de la cabeza y se aplicaba cíclicamente a la cámara una presión negativa, lo cual hacía fluir aire hacia sus pulmones. En 1940 salió al mercado el respirador de presión positiva, el cual «empuja» periódicamente aire hacia los pulmones.

Las aplicaciones clínicas del defibrilador comenzaron en 1956, cuando Zoll y un grupo de investigadores tuvieron éxito al defibrilar el corazón de un paciente que había sufrido un ataque. Le aplicaron al corazón corriente alternada a través del pecho. La efectividad y confiabilidad del instrumento fue incrementada por Lown, quien utilizó un defibrilador de corriente continua. En este aparato un condensador se descarga a través del pecho del paciente y le suministra corrientes del orden de los amperios.

En 1957, C. Walton Lillehei, «marcó el paso del corazón». Durante el transcurso de una operación le aplicaron al corazón del paciente impulsos eléctricos, con período semejante al del corazón mismo. Este tipo de marcapaso solamente se podía aplicar durante la intervención. En 1960 William Chardack y Wilson Greatbatch desarrollaron el marcapaso implantable. El marcapaso fue el primer «repuesto» del corazón; le siguieron las válvulas y las arterias.

Otro desarrollo importante apareció en 1944 con el riñón artificial, el cual «reemplaza» al riñón. Fue aplicado por primera vez en la purificación de la sangre en 1960, cuando Scribner lo pudo utilizar en forma continua.

El ultrasonido fue desarrollado durante la segunda guerra mundial como sonar, un radar submarino. Fue empleado para facilitar la navegación submarina y para localizar submarinos enemigos, pero luego tuvo grandes aplicaciones en el campo de la medicina. Con esta técnica pueden obtenerse imágenes estáticas y dinámicas de los órganos blandos, ya sea la imagen del feto y de su válvula mitral en movimiento, o la velocidad de la

sangre en los vasos, etc. Hasta los momentos se puede afirmar que el ultrasonido, con los niveles de energía empleados para producir imágenes, es completamente inocuo, pues no es radiación ionizante como los rayos X, sino energía vibratoria.

Las máquinas más recientes para obtener imágenes son el Tomógrafo Axial Computarizado (TAC) y la Resonancia Magnética Nuclear (NMR). El Tomógrafo fue desarrollado en 1970 por A. Cormack y G. Hounsfield. Encontraron que calculando la absorción de rayos X por los tejidos, que se producía en la intersección de filas y columnas de una matriz, permitía determinar la dimensión de la región. Por medio de este sistema fueron capaces de producir imágenes de un corte o «tajada» del órgano en cuestión. El auxilio de la computación fue determinante, pues la velocidad de cálculo requerida es inmensa y prácticamente inabordable por otros métodos. Es la computadora un sistema de adquisición de un gran número de datos, que después de «procesados» produce imágenes.

Otro instrumento que permite ver los tejidos blandos con aún mayor resolución es el equipo de Resonancia Magnética Nuclear (NMR) desarrollado en 1982. A fin de obtener imágenes, el paciente es colocado en el centro de un campo magnético intenso y luego se irradia con un impulso de radiofrecuencia. La frecuencia y duración del «ringing» de los protones, después que el impulso de radiofrecuencia es cortado, suministra datos a un computador que construye la imagen.

Un paso en falso.

En 1856 Henri Becquerel descubrió la radioactividad. Muy poco después mientras llevaba un frasco de radio en su bolsillo, que le produjo una quemadura, descubrió por este medio la más importante propiedad de la radioactividad: sus efectos biológicos.

Después vinieron los esposos Pierre y Marie Curie, que aislaron los poderosos elementos radiactivos, el polonio y el radio, del mineral uranífero peblenda. Su laboratorio era un aireado e indeseable ático, lo cual probablemente salvó a Marie de una muerte temprana producida por la inhalación de radón.

La fascinación científica de estas sustancias corrió paralela con la búsqueda de aplicaciones prácticas, de forma que los rayos X tuvieron un fuerte competidor, pues la radioactividad no necesitaba de equipo para producirla. Llegaron los

primeros «éxitos» de la radioterapia: sus pioneros entre ellos Marie Curie fueron los primeros en experimentar las nefastas consecuencias retardadas de la radiación. Lo mismo ocurrió con sus pacientes, algunos de los cuales murieron por las quemaduras debidas a la radiación que le fueron ocasionadas con la intención de curarlos. El radio se convirtió durante un tiempo en material de moda, los médicos prescribían medicinas conteniendo radio. Hubo también una ola de relojes de pulsera con dial luminoso, los números y esferas se pintaban con una mezcla de sulfuro de zinc y radio y brillaban en la oscuridad. Las mujeres utilizaban finos pinceles para aplicarse esta pintura, y para dar a los pinceles una adecuada suavidad los mojaban con saliva. Como consecuencia casi todas las «iluminadas» caían enfermas de anemia y con las encías sangrantes. La mayoría desarrollaban sarcoma del pulmón por la acumulación de radio en su cuerpo.

Luego se supo que los materiales radioactivos pueden producir cuatro tipos de radiaciones ionizantes, alfa, beta, gamma y neutrones, y que su paso a través de los tejidos vivos perjudican su delicada organización. El comportamiento bioquímico de las células es afectado. Gradualmente la célula en lugar de jugar su papel acostumbrado, altera su actividad metabólica. El sistema empieza a errar. Todavía no se sabe exactamente cómo un daño inicial de la radiación en los tejidos vivos, desencadena consecuencias negativas a largo plazo.

Los efectos de las radiaciones pueden considerarse como presentes o diferidos, dependiendo de si se producen en el plazo de unas semanas después de la exposición o después de transcurridos varios años. Los efectos pueden además clasificarse como somáticos o genéticos. Los daños somáticos acontecen en el organismo que ha sido expuesto, mientras que los genéticos se presentan en los hijos y descendientes.

Los efectos agudos de las radiaciones pueden identificarse fácilmente como son las quemaduras. Los efectos somáticos posteriores pueden ser mucho más difíciles de identificar y los genéticos pueden no ser identificables en absoluto. Los daños agudos producen lesiones en los tejidos que forman los glóbulos rojos, los órganos genitales, cristalino, estómago e intestinos y sí muy intensos, el sistema nervioso central. Dosis más pequeñas predisponen a una serie de consecuencias biológicas. Puede aparecer leucemia cinco o más años después y otros tipos de cánceres hasta veinte años después de la

exposición.

Los seres vivos estamos continuamente sometidos a las radiaciones ionizantes naturales y últimamente las artificiales. Los rayos cósmicos, el uranio y el torio de la tierra y ciertos isótopos radioactivos dentro de nuestro cuerpo, como el potasio 40, forman parte de las radiaciones naturales. Mientras que las contaminaciones por desechos nucleares provenientes de reactores, incidentes nucleares, isótopos fabricados por el hombre, pruebas nucleares, etc., nos han sumergido en un sin fin de radiaciones que posiblemente no podamos soportar.

La radiación natural es inevitable, habíamos aprendido a vivir biológicamente con ella. Esto no significa que sea inofensiva, sino cualquiera que sea su daño nos permite existir sin observar efectos nocivos. Seguirá siendo así ahora que estamos expuestos a niveles de radiaciones muy superiores.

Radiaciones y sus aplicaciones médicas.

Las aplicaciones clínicas de la radiación nuclear comenzaron en 1936, cuando el físico norteamericano John Lawrence produjo artificialmente radionúclidos en un ciclotrón y los usó en el tratamiento de la leucemia. De allí se desarrolló la gamma cámara. Actualmente se emplea la radioterapia especialmente para el tratamiento del cáncer, pues posee una notable eficacia en el control de las enfermedades neoplásicas. Se utilizan con este fin una extensa variedad de fuentes radioactivas localizadas. Los aceleradores de partículas, desarrollados para la investigación en física nuclear, están hallando en la terapéutica una utilización cada vez mayor.

La medicina nuclear es otra especialidad donde las sustancias radioactivas son introducidas en el cuerpo con fines diagnóstico, terapéuticos y de investigación.

Algunos desarrollos al final del siglo XX.

A mediados del siglo pasado la cuestión estaba resuelta: la vida proviene de la vida. Los experimentos de Pasteur demostraban sin lugar a dudas que, incluso en el microscópico mundo de los fermentos, ningún ser viviente podía aparecer a

partir de la materia inanimada.

Hoy sabemos, que si bien los organismos vivientes son de una maravillosa complejidad, los secretos de la vida comienzan a ser conocidos. En el interior de la célula viva, una multitud de procesos que se imbrican unos con otros, dan lugar a la dinámica de la vida. Estos procesos son reacciones químicas entre las grandes moléculas biológicas, sobre todo las proteínas y los ácidos nucleicos.

La investigación biológica ha precisado del desarrollo de nuevas técnicas de estudio, cada vez más complejas, que permitan el acceso al microscópico mundo de la célula. Basta recordar como Watson y Crik, en 1953, dilucidaron la estructura del ADN (Ácido desoxirribonucleico). La estructura de esta larga molécula permitía ni más ni menos que entender la transmisión de los caracteres hereditarios de padre a hijo. En un laboratorio moderno de biología molecular la lupa ha sido sustituida por instrumentos como contadores de centelleo, de resonancia magnética nuclear, espectrómetros de masas, de espectroscopia Raman con láser, etc. Los parámetros biológicos, inclusive dentro de seres normales son muy variables; no es de extrañar que el único impulso nervioso detectado de un ser tan simple como el anquilostoma pueda variar de un elemento a otro en una relación de 1:100. Con esto se quiere ilustrar la gran diferencia que existe cuando se trabaja con materia inerte, donde es posible determinar inclusive predecir su comportamiento. Si se lanza una piedra se puede deducir exactamente su trayectoria, la altura que alcanzará, el tiempo antes de caer, etc.

El resultado de una acción produce una reacción predecible. No sucede lo mismo si empujamos a un amigo, probablemente se caerá o conservará el equilibrio. ¿Nos devolverá el empujón?. ¿Cobrará la ofensa que le hemos propinado? ¿Nos dirigirá de nuevo la palabra?. Estamos ante el mundo de lo incierto y es aquí donde actúa la medicina y los equipos médicos.