

satisfecha en mejores condiciones económicas mediante centrales térmicas e hidráulicas. La misión del Organismo está de acuerdo en principio con esta conclusión, pero opina que es posible que la demanda de energía aumente más de lo previsto. La mencionada conclusión está basada en los valores conocidos de los costos de la energía nucleoelectrica en el momento en que se efectuó el estudio, pero teniendo en cuenta los trabajos de investigación y de desarrollo realizados ulteriormente, en particular por lo que respecta a los reactores generadores de pequeña y mediana potencia, cabe examinar la posibilidad de

que dentro del período de tiempo que abarca el estudio, la energía nucleoelectrica pueda reemplazar satisfactoriamente a la energía obtenida de fuentes clásicas. Esta posibilidad resulta más admisible si se toman en consideración los altos costos de la electricidad, el elevado índice de desarrollo industrial previsto para Liberia y el carácter limitado de sus recursos hidroeléctricos. Por estas razones, la misión recomendó a las autoridades de Liberia que examinaran periódicamente la situación energética teniendo en cuenta los progresos realizados en la esfera de la energía nucleoelectrica.

INVESTIGACIONES MEDICAS CON RADIOISOTOPOS EN GRECIA

Por E.H. Belcher

El Dr. Belcher, de la Post-graduate Medical School de Hammersmith (Londres), ha trabajado un año en Grecia como experto en las aplicaciones medicas de los radioisotopos, dentro del marco del programa de asistencia técnica del OIEA. Ha escrito este artículo a petición nuestra después de terminar su misión en Grecia a principios del presente año

En virtud de un contrato de investigación adjudicado por el Organismo Internacional de Energía Atómica*, el Departamento de Terapéutica Clínica de la Universidad de Atenas lleva a cabo un importante programa de investigaciones sobre la naturaleza y las causas de las anemias hemolíticas congénitas, especialmente la enfermedad denominada anemia mediterránea o talasemia, que constituye un grave problema sanitario para los países mediterráneos. En el marco de ese programa se estudian enfermedades que se caracterizan por un defecto o anomalía hereditaria en la formación de hemoglobina, el pigmento de los hematíes que contiene hierro y cuya función es transportar el oxígeno en la sangre.

En las personas sanas se encuentran dos formas de hemoglobina con distintas propiedades físicas y químicas: la hemoglobina de los adultos, que suele llamarse hemoglobina A, y la hemoglobina fetal o hemoglobina F. Las propiedades de la hemoglobina F como portadora de oxígeno se adaptan especialmente a las condiciones de relativa escasez de este elemento en las cuales debe vivir el feto humano. En los

glóbulos rojos del feto, la hemoglobina es principalmente de este tipo, pero la hemoglobina F desaparece normalmente poco después del nacimiento y es sustituida casi en su totalidad por la hemoglobina A.

Anormalidades hereditarias

Se han identificado varias anomalías hereditarias en la formación de hemoglobina. Entre ellas cabe destacar la anemia mediterránea o talasemia en la cual la producción de hemoglobina A es deficiente; en consecuencia el adulto que padece esta enfermedad continúa produciendo hemoglobina F. Los glóbulos rojos de estos pacientes son pequeños, delgados y de pigmentación deficiente. Otra enfermedad hereditaria importante es la anemia falciforme, en la cual se produce una hemoglobina anormal, la hemoglobina S, en vez de la hemoglobina A. Si los glóbulos rojos de las personas que padecen esta enfermedad se introducen en un medio en el que falta oxígeno sufren una transformación sorprendente: en primer lugar su forma, que es circular, pasa a ser la de una media luna y después se desintegra por completo. Estas alteraciones, que incluyen el fenómeno "falciforme" (de ahí el nombre de la enfermedad), pueden producirse en el torrente sanguíneo y la rápida destrucción de los glóbulos rojos consiguiente

* En ejecución de contratos de investigación del Organismo se efectúan investigaciones análogas en el Hospital de la República de Bagdad y en la Universidad de Ciencias Médicas de Bangkok.

origina una anemia grave. En otras enfermedades hereditarias, distintas formas de hemoglobina anormal, llamadas hemoglobinas C, D, E, F, G, H, etc., sustituyen a la hemoglobina A. Aún no se han determinado con exactitud las diferencias existentes entre estas formas de hemoglobinas, pero se puede demostrar su presencia en muestras de sangre mediante varios experimentos.

La transmisión hereditaria de estas anomalías sigue las leyes fundamentales de Mendel. Cuando sólo uno de los padres padece alguna de estas enfermedades, el hijo hereda los caracteres de la dolencia, pero, por lo general, sólo sufre ligeros trastornos. Sin embargo, si el padre y la madre han heredado esos caracteres, uno de cada cuatro hijos, por término medio, recibe la afección de ambos progenitores y contrae la enfermedad en su forma grave, que origina siempre anemia aguda y serios trastornos que pueden incluso ser mortales antes de que el sujeto alcance la edad adulta.

Distribución geográfica

La distribución geográfica de estas enfermedades ha suscitado grandes controversias acerca de su difusión en el pasado por movimientos migratorios. Así, la talasemia está muy extendida en todos los países mediterráneos. Sin embargo, existe un segundo foco de esta enfermedad en el Sudeste de Asia y sería interesante determinar si este último se debe a antiguas migraciones de pueblos mediterráneos o es el foco original de la enfermedad. También es posible que la enfermedad se haya producido independientemente en ambas regiones. La anemia falciforme se encuentra en toda África tropical y también, en menor medida, en los países mediterráneos y en Asia. La enfermedad producida por la hemoglobina E predomina en el Sudeste de Asia. La distribución geográfica de las otras hemoglobinas anormales es menos definida. Otro problema es averiguar cómo han podido persistir estos genes anormales a través de los años resistiendo a la selección natural. Es difícil explicar cómo enfermedades hereditarias que causan una gran mortalidad infantil pueden continuar existiendo si no representan al mismo tiempo una cierta ventaja respecto del estado normal; por ello se ha emitido la hipótesis de que la persistencia de la talasemia o de la anemia falciforme se debe a que llevan asociada cierta resistencia al paludismo o a otras enfermedades endémicas.

Sea cual fuere la razón de su persistencia, las anemias hemolíticas congénitas constituyen un grave problema para muchos países. Por ejemplo, los resultados de una encuesta efectuada recientemente en Grecia demuestran que más del 7 por ciento de la población del país sufre de talasemia y que la anemia falciforme y las demás anomalías hemolíticas son también muy corrientes. Mediante transfusiones de sangre se puede salvar la vida de las personas que padezcan estas enfermedades en sus formas más agudas y la esplenotomía puede ser beneficiosa en algunos casos, pero aún no se ha descubierto un tratamiento que corrija los defectos o anomalías fun-

damentales en la formación de hemoglobina. En realidad, estos defectos no se conocen aún claramente y es necesario y urgente continuar las investigaciones para comprender su naturaleza y sus efectos. En estas investigaciones es particularmente valioso el empleo de indicadores radiactivos.

Técnicas de investigación

En los estudios efectuados en la Universidad de Atenas se han empleado principalmente dos técnicas. La primera consiste en utilizar un radioisótopo del hierro, el hierro-59, para estudiar el metabolismo de ese elemento y la producción de hemoglobina. El metabolismo del hierro en el cuerpo humano está íntimamente relacionado con la síntesis y la degradación de la hemoglobina, formada por una proteína, la globina, unida a una sustancia que contiene hierro: el hem. Si se inyecta hierro-59 por vía intravenosa en el cuerpo humano, por lo general el isótopo desaparece de la sangre en el curso de algunas horas, absorbido principalmente por los glóbulos rojos en fase de maduración de la médula ósea, que lo utilizan para producir hemoglobina. Al cabo de algunos días, los hematíes maduros marcados con hierro-59 pasan al torrente circulatorio. Los glóbulos rojos suelen vivir en la sangre unos cuatro meses; al final de ese período, son eliminados por el bazo, el hígado y otros órganos, y el cuerpo humano vuelve a utilizar la mayor parte del hierro-59 para producir nueva hemoglobina. La desaparición del hierro-59 de la sangre y su reaparición en forma de glóbulos rojos marcados se puede observar midiendo muestras sanguíneas tomadas del paciente en diversos momentos. Al mismo tiempo, mediciones efectuadas con contadores colocados en la periferia del cuerpo sobre distintos órganos indican la variación de la distribución de la radiactividad en el organismo, pues el hierro-59 es absorbido primero por la médula ósea y aparece después en los glóbulos rojos de la sangre en circulación. Estas mediciones permiten observar toda



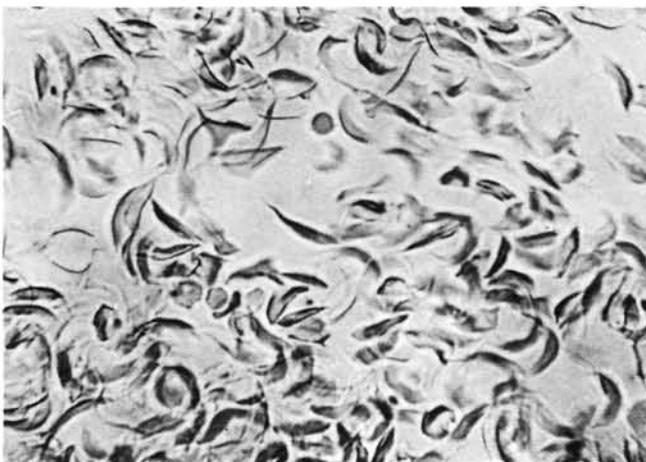
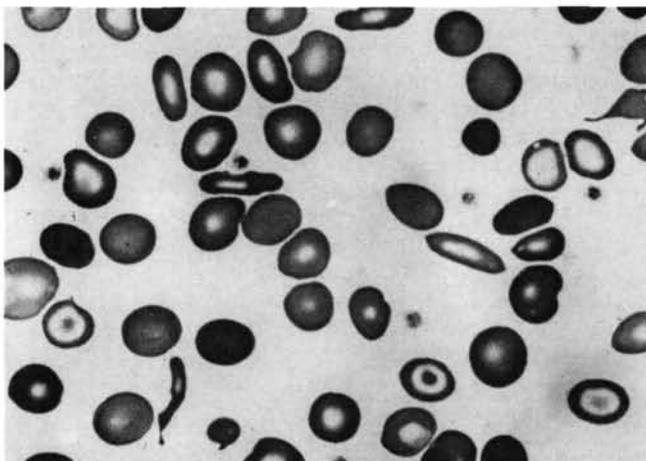
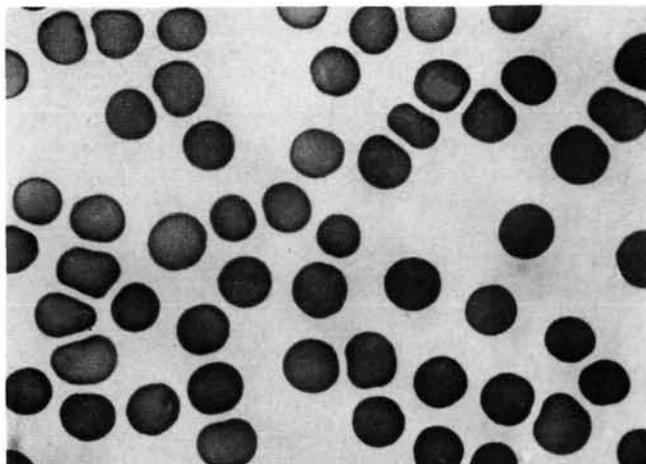
Medida de la distribución de hierro radiactivo en el organismo de un enfermo de talasemia, efectuada en el curso de investigaciones en el Hospital Alexandra de Atenas

anormalidad en la síntesis de la hemoglobina y en la formación de glóbulos rojos.

La segunda técnica consiste en utilizar un radioisótopo del cromo, el cromo-51, para estudiar el comportamiento de los glóbulos rojos en la sangre. Estos se pueden marcar fácilmente con cromo-51 introduciendo el isótopo, en condiciones apropiadas, en una muestra de sangre. Si los hematíes se marcan de esta forma y se inyectan en el sistema circulatorio del sujeto, se puede observar la supervivencia de los glóbulos marcados midiendo la disminución del cromo-51 contenido en sucesivas muestras de sangre. Además, cuando los glóbulos rojos se destruyen, el cromo-51 que contenían se acumula en el bazo, en el hígado y en los demás órganos encargados de eliminarlos. Las mediciones efectuadas con contadores colocados en la periferia del cuerpo sobre tales órganos indican la importancia relativa de éstos como centros de eliminación de los glóbulos rojos.

Resultados obtenidos

Efectuando estudios simultáneos con hierro-59 y cromo-51 se puede obtener una imagen detallada de la síntesis de la hemoglobina y de la formación y eliminación de los glóbulos rojos. Estas investigaciones son muy valiosas para determinar las características de las distintas anemias hemolíticas congénitas. Así, por ejemplo, los estudios efectuados con hierro-59 en enfermos de talasemia permiten suponer que en esta enfermedad gran parte de los glóbulos rojos que se forman en la médula ósea no llegan a la madurez. Es posible que estas células deficientes sean destruidas *in situ* en la médula o que lleguen al torrente circulatorio en una forma tan anormal que inmediatamente las elimine el bazo u otro órgano. Esta producción anormal de glóbulos rojos es particularmente característica de la talasemia y la médula en esta enfermedad se asemeja a una cadena de montaje que trabajara con una gran proporción de productos defectuosos. Sin embargo, también se forman algunas células prácticamente normales; los estudios efectuados con cromo-51 demuestran que estas células pueden sobrevivir casi normalmente en el sistema circulatorio y que tienen un fin parecido al de los glóbulos rojos de las personas sanas. En efecto, la gravedad de la enfermedad no parece guardar relación con la duración de la vida de estas células, sino que depende de la proporción de células deficientes producidas por la médula. Estas observaciones indican que el tratamiento de la talasemia debe tender sobre todo a mejorar el rendimiento de la producción de glóbulos rojos en la médula y no a prolongar la vida de éstos en el sistema circulatorio. Los resultados obtenidos al estudiar la anemia falciforme son totalmente distintos. Los estudios efectuados con hierro-59 en pacientes de esta enfermedad demuestran que la formación de glóbulos rojos es muy eficiente y que la médula libera muchos glóbulos rojos en el sistema circulatorio. Sin embargo, los estudios efectuados con cromo-51 revelan que estas células viven muy poco tiempo, probablemente por convertirse en falciformes al pasar a la sangre. En efecto, en los casos graves, la vida de estos glóbulos puede



La fotografía superior representa hematíes normales; la del centro, hematíes de enfermos de talasemia, y la inferior, hematíes de enfermos de anemia falciforme

(Fotos facilitadas por el Sr. J. C. White)

ser sólo de unos días. Es notable la medida en que el bazo contribuye a acelerar la destrucción de los hematíes. El estudio de la actividad del cromo-51 en el cuerpo humano, efectuado con contadores periféricos, indica que este órgano puede ser muy activo en la deformación característica de estas células y en su destrucción prematura, especialmente en los niños de corta edad.

Teniendo en cuenta estos resultados, parece que el tratamiento de esta enfermedad debería tender a prevenir las alteraciones que originan la modificación falciforme de los glóbulos y su destrucción en el sistema circulatorio, en vez de aumentar la producción ya abundante de hematíes en la médula ósea.

Ulteriores estudios han permitido establecer las características del metabolismo del hierro, de la formación de glóbulos rojos y de su destrucción en formas combinadas de talasemia y de anemia falciforme, en las enfermedades características por la formación de hemoglobina H y en otras afecciones.

Actualmente se está efectuando una investigación más detallada de la síntesis anormal de la hemoglobina en estas enfermedades a fin de precisar cuáles son los defectos o anomalías básicas.

Los síntomas que presenta esta enfermedad son con frecuencia confusos y las técnicas radioisotópicas pueden contribuir a establecer un diagnóstico preciso en cada caso. Sin embargo, su mayor utilidad quizá estriben en la posibilidad que ofrecen de adquirir un conocimiento más completo de las causas fundamentales de la enfermedad. Los métodos de investigación elaborados en la Universidad de Atenas y los resultados de las investigaciones llevadas a cabo en dicha Universidad contribuyen al desarrollo de la medicina pues facilitan medios generales de estudio de las enfermedades de la sangre gracias al empleo de los radioisótopos. Sobre todo proporcionan un conocimiento más completo de las anemias hemolíticas congénitas y gracias a ello quizá se puedan establecer métodos eficaces de tratamiento de estas enfermedades.

LA AGENCIA EUROPEA PARA LA ENERGIA NUCLEAR

(En septiembre de 1960 entró en vigor un Acuerdo de cooperación entre el OIEA y la AEEN. A petición nuestra, la Secretaría de la AEEN ha facilitado el presente artículo sobre sus actividades)

La Agencia Europea para la Energía Nuclear (AEEN) fue creada en diciembre de 1957 como órgano de la OECE* con objeto de fomentar la colaboración nuclear en la Europa occidental. El Comité Directivo de la OECE para la energía nuclear, constituido algunos años antes e integrado por funcionarios gubernamentales encargados de dirigir la ejecución de los programas de energía nuclear en los Estados Miembros de la Organización, se convirtió en el nuevo órgano rector de la Agencia.

La AEEN tiene por objeto promover el desarrollo de la producción y aplicaciones de la energía nuclear con fines pacíficos. Entre sus funciones figuran: a) el fomento de las empresas comunes; b) la coordinación de las investigaciones y la formación profesional en la esfera nuclear; c) la preparación de una legislación nuclear uniforme en materia de se-

guridad y protección de la salud, responsabilidad civil y seguros; d) estudios sobre los programas nucleares nacionales y evaluación del papel de la energía nuclear para atender a las futuras necesidades energéticas de Europa.

EMPRESAS COMUNES

En el estado actual de progreso de la energía nucleoelectrónica, resulta prácticamente imposible para un país el desarrollar plenamente por sí solo un nuevo sistema de reactor, e incluso los países más poderosos pueden a lo sumo trabajar en torno a algunas de las ideas que ofrecen mejores perspectivas. La colaboración internacional en las empresas comunes permite mancomunar los recursos, ya se trate de esfuerzos, equipo o dinero, para que los países participantes obtengan el máximo beneficio, y constituya el único medio de abarcar dentro de un plazo razonable una serie suficientemente amplia de posibilidades de investigación.

Por esta razón, el fomento de las empresas comunes es una de las funciones más importantes de la

* La OECE (Organización Europea de Cooperación Económica) fue creada en virtud de una Convención internacional firmada en abril de 1948 por Austria, Bélgica, Dinamarca, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, el Reino Unido, la República Federal de Alemania, Suecia, Suiza y Turquía. España se hizo Miembro en 1959. El Canadá y los Estados Unidos son Miembros Asociados.